







Physikalisches Wörterbuch

IX. Band.

Erste Abtheilung.

T —— Thermol.

Johann Samuel Traugott Gehler's

Physikalisches

Wörterbuch

neu bearbeitet

von

Gmelin. Littrow. Muncke. Pfaff.

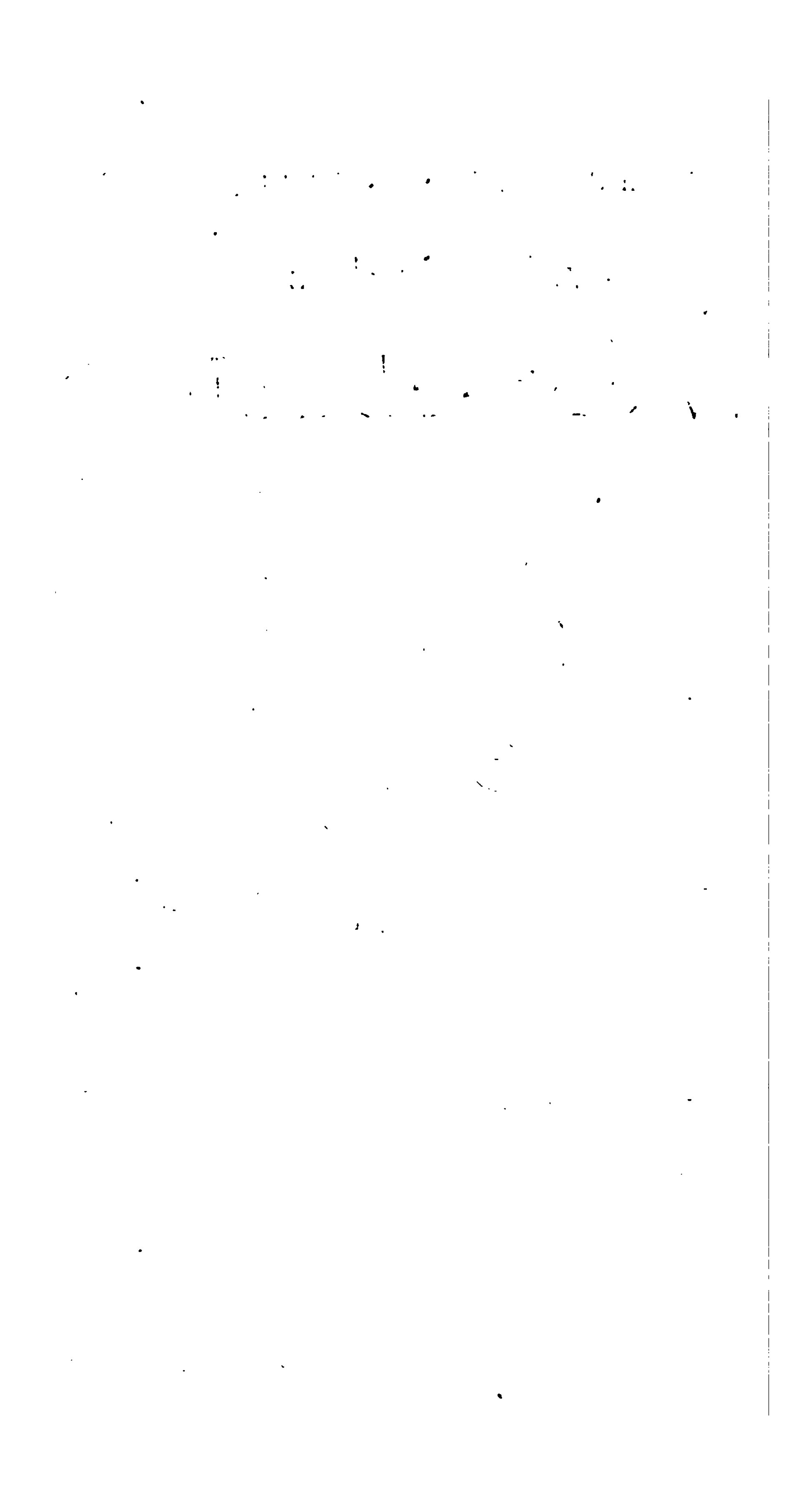
Neunter Band.

Erste Abtheilung.

T —— Thermol.

Mit Kupfertafeln I bis X. und II Charten.

Leipzig,
bei E. B. Schwickert.
1838.



T.

Tabellen.

Tafeln; *Tabulae;* Tables; *Tables.* Dieses Wort wird in der Physik, Astronomie u. s. w. in einer doppelten Bedeutung gebraucht. Erstens heifst es so viel als *Verzeichnifs* oder *Sammlung* mehrerer zusammengehörenden Gegenstände. So hat man Tabellen oder Tafeln der specifischen Gewichte, der Brechungs- oder Zerstreuungskraft, der Ausdehnung der Körper durch die Wärme, Tafeln der verschiedenen Längenmafse und Gewichte u. dgl. Die Einrichtung und der Nutzen solcher Tafeln ist bekannt und bedarf daher hier keiner besonderen Erläuterung.

Zweitens versteht man aber auch unter *Tabelle* jede Reihe von Zahlen, die nach einem bestimmten, durch irgend einen analytischen Ausdruck gegebenen Gesetze fortgehen. Diese Tafeln verbreiten sich über das ganze grofse Gebiet der Mathematik und aller darauf gebauten Wissenschaften, der Astronomie, Physik, Optik, Chemie u. s. w., und sind daher von dem wichtigsten Einflusse. Sie gewähren eine schnelle Uebersicht aller der numerischen Werthe, die eine gegebene analytische Formel annehmen kann, und sie geben ein Mittel, jeden dieser besonderen Werthe sicherer zugleich und bequemer zu finden, als diefs durch die unmittelbare Berechnung jener Formel geschehen kann. Diese Sicherheit und Bequemlichkeit ist es vorzüglich, wodurch ihr Werth bestimmt wird, und dieser Werth ist bei vielen dieser Tafeln so grofs, dafs durch sie der Fortgang der Wissenschaft selbst unmittelbar gefördert, dafs die Arbeit des Rechners dadurch oft ungemein erleichtert und gesichert und dafs durch die wohlthätige Hülfe dieses Mittels das Leben der den Wissenschaften gewidmeten Menschen

gleichsam verdoppelt und vervielfacht wird. Man gedenke nur unserer Logarithmentafeln und unserer trigonometrischen Tabellen, mit deren Hülfe wir Rechnungen in einer Stunde ausführen können, zu denen wir, ohne diese Tafeln, Wochen und Monate gebraucht hätten.

Viele dieser Tafeln sind sehr einfach, aber darum nicht weniger nützlich. Hierher gehören z. B., um nur einige der vorzüglichsten anzuführen, die Tafeln der Orte, welche die Fixsterne am Himmel einnehmen, oder die sogenannten *Sternkataloge*. Die ältern Tafeln dieser Art enthalten die *Länge* und *Breite* der vorzüglichsten Fixsterne; die neuern aber geben die *Rectascension* und *Declination* derselben für eine bestimmte Epoche, z. B. für den Anfang des Jahres 1800. Da die Rectascension und Declination der Fixsterne durch die Präcession der Nachtgleichen[1] und zwar für jeden Stern besonders geändert wird, so ist diese Doppelwirkung der Präcession jedem Sterne beigefügt. Dadurch ist man in den Stand gesetzt, die Rectascension und Declination aller in dem Kataloge enthaltenen Sterne auf jede andere Epoche zu bringen, und z. B. anzugeben, welches die Lage dieser Sterne gegen den Aequator im Anfange des Jahres 1840 seyn wird. So hat man z. B. aus dem bekannten Sternkataloge Piazzi's für den Fixstern Wega oder α Lyrae im Anfang des Jahres 1800

Rectasc. . . 277° 32′ 29″,4 . . , jährl. Präcession + 30″,44
Declination . . 38 36 20,8 nördl. . . , jährl. Präc. + 2″,88.

Sucht man daher die Rectasc. und Declin. dieses Sterns für den Anfang des Jahres 1840, so wird man zur gegebenen Rectascension die Größe 40(30″,44) = 0° 20′ 17″,6 und zu der gegebnen Declination die Größe 40(2″,88) = 0° 1′ 56″,2 addiren und so für den Anfang des Jahrs 1840 erhalten

Rectasc. . . . 277° 52′ 47″,0 und
Declination . . 38° 38′ 17″,0.

Für eine Zeit vor 1800 würde man die entsprechenden Producte, die wir addirt haben, subtrahiren, und dasselbe würde auch der Fall seyn, wenn die in dem Kataloge angegebene jährliche Präcession statt positiv, wie oben, negativ wäre. Schon hier erscheint diese Zugabe der Tafeln für die jährliche Präcession als eine große Bequemlichkeit, da man sie sonst

---

1 S. *Verrückung der Nachtgleichen.*

für jeden besondern Fall mittelst der Logarithmentafeln nach folgenden Formeln berechnen müßte:

Jährl. Präcess. in Rectasc. = 46″,05 + 20″,06 Sin. α Tang. δ,

Jährl. Präcess. in Decl. = 20″,06 Cos. α,

wo α und δ die in dem Kataloge gegebene Rectascension und Declination des Sterns bezeichnen.

Noch einfacher, da sie gar keine weitere Reduction, wie in dem vorigen Beispiele für die Präcession, bedürfen, sind alle diejenigen Tafeln, deren Gebrauch sich nur auf eine Addition ihrer verschiedenen Theile bezieht. Die Astronomen müssen z. B. sehr oft den Bogen in Zeit oder umgekehrt verwandeln, indem sie die Peripherie des Kreises bald in 360 Grade, bald wieder in 24 Stunden theilen. Da 24mal 15 gleich 360 ist, so würde man allerdings jeden gegebenen Bogen nur durch 15 dividiren dürfen, um ihn in Zeit ausgedrückt zu erhalten. Wäre z. B. der Bogen

$$245^\circ\ 23'\ 16'',35$$

gegeben, so würde man zuerst die Secunden und Minuten durch Division mit 60 auf Grade bringen, wodurch man erhält

$$245^\circ,387875,$$

und diese Zahl durch 15 dividirt giebt

$$16^h,3591917.$$

Da man aber die Zeit nicht in Decimalbrüchen der Stunde, sondern in Minuten und Secunden anzugeben pflegt, so wird man die letzte Zahl wieder zweimal durch 60 multipliciren, um endlich die gesuchte Zahl

$$16^h\ 21'\ 33'',090$$

zu erhalten. Aller dieser kleinen Reductionen aber wird man überhoben seyn, wenn man eine Tafel hat, die für jeden Grad, für jede Bogenminute und für jede Bogensecunde die entsprechende Zeit angiebt. Mit Hülfe einer solchen Tafel, die man in allen astronomischen Compendien findet, erhält man

245°	=	16^h 20′	
23′	=	1	32″
16″	=		1,0667
0″,3	=		0,0200
0″,05	=		0,0033
Summe . . .		16^h 21′	33″,0900

wie zuvor.

Noch größer erscheint der Vortheil so eingerichteter Tafeln bei der Berechnung des mittleren Orts[1] der Sonne, des Monds oder eines andern Körpers unsers Planetensystems. Da sich der sogenannte mittlere Planet gleichförmig bewegt, so ist es hinreichend, den Ort desselben in seiner Bahn für irgend eine gegebene Epoche und seine tägliche Veränderung zu kennen, um daraus für jede andere Zeit vor oder nach jener Epoche die mittlere Länge des Planeten durch Rechnung zu bestimmen. Ist z. B. bekannt, dafs die mittlere Länge der Sonne am ersten Januar 1830 im Augenblick des mittlern Mittags in Wien gleich 279°,597 und dafs die tägliche Veränderung dieser mittlern Länge gleich 0°,9856472 ist, so wird man daraus die mittlere Länge der Sonne für jede andere Zeit, z. B. für den 25. Mai 1842 um $8^h\ 12'\ 36''$ mittlerer Zeit in Paris, finden können. Da nämlich die Längendifferenz zwischen Paris und Wien $0^h\ 56'\ 10''$ ist, so ist die gegebene Zeit 1842 den 25. Mai $9^h\ 8'\ 46''$ mittlere Wiener Zeit. Seit 1830 bis zu der letzten Zeit sind 12 Jahre verflossen, nämlich 9 gemeine Jahre zu 365 und 3 Schaltjahre zu 366 Tagen, und überdiefs (vom Anfang des Jahrs bis zum 25. Mai) 145 Tage, so dafs also die ganze Zwischenzeit beträgt

12 gemeine Jahre, 148 Tage, 9 Stunden, 8 Min. und 46 Sec.

Bringt man diese Zwischenzeit auf Tage und Theile des Tags und multiplicirt die so erhaltene Zahl durch 0,9856472, so wird man dieses Product zu der oben gegebenen Zahl 279°,597 addiren, um die gesuchte Länge der Sonne für den 25. Mai 1842 zu erhalten. Allein viel bequemer findet man diese Länge durch Hülfe der bekannten Sonnentafeln, die den Ort der mittlern Sonne für den Anfang eines jeden Jahres und überdiefs für jeden Monatstag, so wie auch ihre Bewegung für jede Stunde, Minute und Secunde enthalten. Diese Tafel giebt

für den Anfang des Jahrs 1842	....	279°,688
für den Anfang des 25. Mai	....	142,919
für 9^h mittl. Zeit	....	0,370
8′ - -	....	0,005
46″ - -	....	0,001
		422,983
		360
gesuchte Länge der Sonne		= 62°,983 = 62° 58′ 58″,8.

1 S. *mittlerer Planet*. Bd. VI. S. 2318.

Man sieht aus diesen Beispielen, wie viel bequemer es seyn würde, in Zehn-, Hundert- und Tausendtheilen des Grades und der Stunde zu rechnen, als die immerwährenden Reductionen des Grads und der Stunde auf Minuten und Secunden und umgekehrt vorzunehmen.

Allein noch viel größer erscheinen die Vortheile dieser Tafeln, wenn die Zahlen derselben auf analytische Formeln gegründet sind. Diese letzten müßten für jeden besondern Fall eigens berechnet werden, während uns die Tafel dieser Berechnung gänzlich überhebt, wodurch nicht nur viel Zeit und Mühe erspart, sondern auch eine größere Sicherheit des Resultats erhalten wird, da diese Tafeln nicht wohl Rechnungsfehler enthalten können, wodurch die harmonische Aufeinanderfolge ihrer Zahlen schon gleich auf den ersten Anblick derselben gestört erscheinen würde.

Setzen wir, um auch davon ein Beispiel zu geben, unser vorhergehendes Exempel fort und suchen wir für die gegebene Zeit (1842, 25. Mai $9^h\ 8'\ 46''$ m. Z. Wien) nicht bloß die mittlere, sondern die wahre Länge der Sonne. Zu diesem Zwecke wird man, wenn man keine Tafeln hat,[1] nebst der oben bereits gefundenen mittleren Länge der Sonne $l = 62°,983$ auch noch auf ähnliche Art die Länge Π des Apogeums der Sonne, die hier $\Pi = 100°,201$ ist, suchen müssen. Die Differenz dieser Größen l und Π giebt die sogenannte mittlere Anomalie m der Sonne[1] oder

$$m = l - \Pi = 322°,782.$$

Nennt man dann $e = 0{,}01679$ das Verhältniß der Excentricität der Erdbahn zu ihrer halben großen Axe, so findet man die gesuchte wahre *Länge* λ der Sonne durch die Auflösung der zwei folgenden Gleichungen

$$m = u - e\,\text{Sin.}\,u$$

und

$$\text{Tang.}\,\frac{\lambda - \Pi}{2} = \text{Tang.}\,\frac{u}{2}\,.\,\sqrt{\frac{1+e}{1-e}},$$

wo u die sogenannte *excentrische Anomalie*, eine Hülfsgröße, bezeichnet. Will man überdieß zur vollständigen Bestimmung des wahren Sonnenorts für die gegebene Zeit auch den Radius Vector r oder die Entfernung der Erde von der Sonne,

1 S. *mittlerer Planet*, a. a. O.

so findet man denselben, wenn man bereits u, oder auch $(\lambda - \Pi)$, kennt, durch die Gleichung

$$r = a - a\,e\ \mathrm{Cos.}\,u$$

oder

$$r = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e\ \mathrm{Cos.}\,(\lambda - \Pi)},$$

wo a die halbe große Axe der Bahn bezeichnet.

Die Berechnung dieser Gleichungen für jeden speciellen Fall, wie sie so oft vorkommen, ist mühsam und zeitraubend, besonders wegen der transcendenten ersten Gleichung

$$m = u - e\ \mathrm{Sin.}\,u,$$

die nur durch mehrere Versuche oder indirect aufgelöst werden kann. Uebrigens wird man sich durch Entwickelung dieser Ausdrücke in unendliche Reihen jene Rechnungen bedeutend vereinfachen. Diese Reihen sind

$$\lambda = l - 2e\ \mathrm{Sin.}\,m + \tfrac{5}{4}\,e^2\,\mathrm{Sin.}\,2\,m$$
$$- \frac{e^3}{4}\left(\tfrac{13}{3}\ \mathrm{Sin.}\,3\,m - \mathrm{Sin.}\,m\right) + \ldots$$

und

$$\frac{r}{a} = 1 + e\,\mathrm{Cos.}\,m - \frac{e^2}{2}\,(\mathrm{Cos.}\,2\,m - 1)$$
$$+ \frac{e^3}{8}\,(3\,\mathrm{Cos.}\,3\,m - 3\,\mathrm{Cos.}\,m) - \ldots$$

Allein auch ihre Berechnung, oft wiederholt, fordert viel Zeit, die man besser anwenden kann. Wie viel kürzer und bequemer aber werden diese Arbeiten durch eine Tafel, welche für jeden Grad von m den ihm entsprechenden Werth von $\lambda - l$ und $\frac{r}{a}$ schon angiebt. Hat man eine solche Tafel für $e = 0{,}01679$ und $a = 1$ berechnet, so findet man aus ihr sofort durch eine einfache Proportion

$$\lambda - l = +1^\circ{,}145 \text{ und } \frac{r}{a} = 1{,}01347,$$

also auch, da $l = 62^\circ{,}983$ war, die gesuchte wahre Länge der Sonne

$$\lambda = 64^\circ{,}128.$$

Bei dieser Gelegenheit sey es uns erlaubt, den Wunsch zu äußern, daſs man diese und ähnliche Tafeln nicht ohne Noth in ihrer innern Einrichtung verändern sollte. Es kann Fälle geben, wo diese Veränderungen geboten sind, allein um kleiner

Vortheile willen sollte man nie althergebrachte Anordnungen, die der Leser schon gewohnt ist, wieder zerstören, wie schon so oft auch an den Sonnen- und Mondtafeln geschehn ist. Es entstehn daraus Irrungen und Rechnungsmißsgriffe, die viel nachtheiliger sind, als die kleinen Abkürzungen vortheilhaft sind, die man mit jenen Neuerungen erreichen will. Wenn aber diese Abänderungen ganz willkürlich und an sich selbst nutzlos sind, so sollten sie durchaus nicht zugelassen werden. Die kleinen Logarithmentafeln von Lalande z. B., die in Jedermanns Händen sind, setzen die Tangenten und Cotangenten zwischen die Sinus und Cosinus, da doch in beinahe allen frühern trigonometrischen Tafeln die Sinus und Cosinus unmittelbar neben einander stehn. Mit welchem Grunde hat man sie nun doch getrennt und dadurch allein schon zu einer Menge von Mißgriffen Veranlassung gegeben? In denselben Tafeln hat man auch bei den Logarithmen der natürlichen Zahlen die bisher allgemein angenommene Anordnung verlassen, jede verticale Columne mit solchen Zahlen anzufangen, deren zwei letzte Ziffern 00 oder 50 sind, und dadurch ist der bequeme Gebrauch dieser Tafeln ebenfalls gestört worden. Die frühern Herausgeber dieser Tafeln, die oft ihr ganzes Leben an die Berechnung derselben gesetzt haben, hatten ohne Zweifel ihre guten Gründe, sie so und nicht anders anzuordnen, und es kann ihren Nachfolgern nicht schwer seyn, sich von diesen Gründen selbst zu überzeugen und daher auch ihnen Folge zu geben. Wir haben nur in Deutschland, obendrein in diesem Jahrhundert, eine wahre Unzahl solcher logarithmischen und trigonometrischen Tafeln erhalten, deren Verfasser beinahe alle ihre eigenen Wege gegangen sind, die sie besser verlassen haben würden, um dafür die alten von Gardiner, Schulz, Vega, Vlacq u. dgl. beizubehalten. Der eine hat ein größeres Format gewählt und dadurch das Aufschlagen des Buches unbequem gemacht, der andere hat die horizontalen Striche nach jeder fünften Zeile weggelassen und dadurch den Gebrauch der Tafeln erschwert, der dritte glaubte die schärfsten und schwärzesten Ziffern auf dem weißesten Papiere nehmen zu müssen und hat dadurch nur die Augen der Rechner ermüdet u. s. w. Selbst Callet in seinen sonst so trefflichen Tafeln ist von diesen und ähnlichen Fehlern nicht frei geblieben.

In der That sollte ein Werk, wie diese logarithmischen und trigonometrischen Tafeln, die auf dem Tische jedes Rechners liegen und sein ganzes Leben hindurch nicht aus seinen Händen kommen, nicht anders als mit der gröfsten Vorsicht und mit der Berücksichtigung aller, auch der kleinsten, Umstände ins Leben treten. Auch die geringste, auf den ersten Blick beinahe verschwindende Vernachlässigung wird, tausend- und aber tausendmal wiederholt, endlich ein grofser und daher beschwerlicher Fehler. Es wäre zu wünschen, dafs Babbage in London seine Erfahrungen über diesen Gegenstand öffentlich mittheilen wollte. Als ich vor längerer Zeit die nähere Bekanntschaft dieses ausgezeichneten Mannes machte, hatte er bereits seit vielen Jahren alle Ausgaben dieser Tafeln gesammelt und verglichen, und was er an jeder derselben Gutes und Böses gefunden hatte, sorgsam zusammengestellt. Die Mikrologie, mit welcher er verfuhr, erschien auf den ersten Blick auffallend, aber der reifern Ueberlegung mufste sie sich sehr gerecht und zweckmäfsig darstellen. Was das Aeufsere dieser Tafeln betrifft, so gab er den Vega'schen, wie sie in der ersten Auflage (Wien bei Trattner, 1783) erschienen, beinahe in allen Beziehungen den Vorzug. Die von Vega gewählte Gröfse des Formats, die stumpfen Ziffern, deren dünne und dickere Striche nur wenig von einander verschieden sind, die gewählte Gröfse dieser Ziffern, die geringere und doch noch prägnante Schwärze derselben, selbst das etwas gelbgraue, das Auge keineswegs blendende und doch die Ziffer deutlich hervorhebende Papier, die Trennung der Zeilen durch horizontale Striche, der viel kräftigere verticale Strich, der bei den Logarithmen der natürlichen Zahlen die 5 ersten Columnen von den 5 letzten trennt, diese und viele andere Einrichtungen hatten seinen ungetheilten Beifall, so wie ihm alle die Aenderungen durchaus mifsfielen, die Callet mit den so eben angeführten Eigenthümlichkeiten Vega's vorzunehmen für gut gefunden hat, vorzüglich aber die zwei ersten verticalen Columnen, die Callet den natürlichen Zahlen vorgesetzt hatte, und die in der That zu nichts dienen, als den Gebrauch des Buches beschwerlicher zu machen.

Es wäre sehr zu wünschen, dafs einer unserer ausgezeichnetsten Typographen, auf den Rath und unter der Leitung verständiger Freunde, uns eine in allen Beziehungen vorzüg-

liche, stereotype Ausgabe dieser Tafeln zu liefern sich entschliefsen möchte. Wenn sie, wie sie soll, alle anderen an Zweckmäfsigkeit und Brauchbarkeit hinter sich zurückläfst, so wird es ihr auch nicht an Abnahme fehlen, und das Bessere wird auch hier, wie überall, das Mittelmäfsige verdrängen. Auch ich habe aus langer Erfahrung die Ueberzeugung gewonnen, dafs man am besten thun würde, sich in dem Aeufseren so nahe als möglich an die älteste Ausgabe von Vega zu halten. Was aber die innere Einrichtung betrifft, so möchte ich dafür folgende Veränderungen vorschlagen.

1) Die natürlichen Zahlen, deren Logarithmen in dem ersten Theile gegeben werden, sollten nicht von 1, sondern sofort von 1000 anfangen und dabei die sogenannte Charakteristik als unnütz ganz weggelassen werden.

2) Der Decimalstellen sollen nicht 7, sondern nur 6 seyn, da diese zu allen astronomischen und physikalischen Rechnungen hinreichen. Fünf Stellen, wie in den Lalande'schen Tafeln, sind in vielen Fällen nicht genügend, die siebente aber erschwert in den meisten Rechnungen ganz unnützer Weise die Arbeit.

3) In der Tafel der Logarithmen der 4 trigonometrischen Functionen, welche die zweite Abtheilung des Werkes, das nur einen Band haben soll, bilden, sollen die ersten 5 Grade von Secunde zu Secunde und alle folgenden Grade, bis zu dem fünfundvierzigsten, von 10 zu 10 Secunden, wie bei Callet, aber ebenfalls nur in 6 Decimalstellen gegeben werden.

4) Dabei sollen aber die drei verticalen Columnen, die z. B. in Callet's Tafeln die Differenzen enthalten, wegbleiben, und dafür solche kleine Täfelchen eingeschaltet werden, wie sie Vega bei den Logarithmen der natürlichen Zahlen sehr zweckmäfsig angebracht hat. Um dieses durch ein Beispiel deutlich zu machen, würde z. B. der Logarithmus des Sin. 15° so dargestellt werden können.

	Sinus.	Diff.	
15° 0′ 0″ . .	. 9,412996	1	8
10 . .	. 9,413075	2	16
20 . .	. 9,413153	3	24
30 . .	. 9,413232	4	32
40 . .	. 9,413310	5	39
50 . .	. 9,413389	6	47
15° 1′ 0″ . .	. 9,413467	7	55
		8	62
		9	71

Ist z. B. der Log. Sin. 15° 0′ 36″ zu suchen, so giebt die Tafel

Log. Sin. 15° 0′ 30″ 9,413232
und die Differenz 6 47

gesuchter Logar. . . . . 9,413279.

Ist aber umgekehrt von dem Logarithmus Sinus = 9,413365 der Winkel zu suchen, so giebt die Tafel für den nächst kleineren

Logarithmus 9,413310 den Winkel 15° 0′ 40″
und die Differenz 55 7

gesuchter Winkel . . 15°. 0′ 47″.

Diese zwei Beispiele werden hinreichen, den Gebrauch und den Vortheil der neu einzuführenden kleinen Täfelchen statt jener alten fortlaufenden Differenz-Columnen in das nöthige Licht zu setzen. Der Vortheil ist nämlich dreifach. 1) Man findet durch die neuern Tafeln die zu suchende Correction viel leichter und bequemer, als durch die alten. 2) Dadurch werden die beiden Theile des Ganzen, die Logarithmen der Zahlen und die der trigonometrischen Functionen, ganz harmonisch und gleichförmig eingerichtet. Dasselbe Verfahren, welches in dem ersten Theile für jede Zahl den Logarithmus giebt und umgekehrt, giebt auch unverändert im zweiten Theile zu jedem Log. Sinus seinen Winkel und umgekehrt. 3) Endlich fällt durch diese neue Einrichtung alle Multiplication und Division ganz weg und an ihre Stelle tritt nur Addition oder Subtraction, wie es sich für die Logarithmen ziemt, deren gröfster Vortheil eben in dieser Verwechselung jener vier Rechnungsarten besteht.

Noch ist zu wünschen, dafs bei einer solchen neuen Auflage alle die unnöthigen oder wenigstens nicht hierher gehö-

renden Zuthaten und Auswüchse weggelassen würden, welche so viele ältere Editionen verunzieren, ihren Preis erhöhen und durch das gröfsere Volumen des Buches den Gebrauch desselben unbequem machen. Dahin gehört z. B. die unübersehbare Einleitung über die Berechnung der Logarithmen, mit der Callet sein Buch beschwert hat; dahin die Tafeln der natürlichen Logarithmen, der Potenzen und Wurzeln der natürlichen Zahlen u. s. w., die alle recht willkommen seyn mögen, aber nicht in ein Werk dieser Art gehören, von dem jedes überflüssige Blatt entfernt gehalten werden soll, da es nur den täglichen Gebrauch desselben stört, und da diese und andere Tafeln dieser Art viel besser in einem eigenen Werkchen gesammelt werden können, das man, so oft sich der Fall darbietet, nachschlagen mag.

Die Logarithmen sind eine der schönsten Entdeckungen des menschlichen Geistes und diejenige, auf die er am meisten stolz seyn darf, da er sie nicht, wie die meisten andern Erfindungen, dem blinden Zufalle oder der vieljährigen Concurrenz einer grofsen Anzahl hochbegabter Männer zu danken hat, sondern da sie eine reine Frucht des Nachdenkens sind, und da sie endlich nicht nur auf dem Felde der Wissenschaft, sondern auch im gewöhnlichen Leben von so vielfacher Anwendung sind. Weniger für den täglichen Gebrauch, aber darum nicht minder wichtig für tiefere scientifische Untersuchungen, würde eine ähnliche tabellarische Bearbeitung der *elliptischen Functionen* seyn, deren hohen Werth man erst in unsern Tagen anerkannt hat und wohl später, wenn sie mehr entwickelt seyn werden, noch mehr anerkennen wird. Die Tafeln aber, die Legendre in seinen *Exercices du calcul intégral* gegeben hat, sind schon jetzt nicht für alle Bedürfnisse zureichend. Von dem bekannten deutschen Fleifse werden solche Tabellen vorzüglich zu erwarten seyn.

Noch müssen wir der Kunstgriffe erwähnen, die man angewendet hat, gegebene analytische Ausdrücke in zweckmäfsige Tabellen zu bringen. Dafs sich darüber keine allgemeinen Regeln aufstellen lassen, ist für sich klar, weshalb wir uns auch hier nur auf einige Beispiele beschränken. Wir wählen zuerst die bekannten Formeln der *Aberration*[1] und der *Nutation*[2]. Nennt

1 S. *Abirrung* Bd. I. S. 20.

2 S. *Verrücken der Nachtgleichen.*

man a und p die Rectascension und die Poldistanz eines Gestirns, ☊ die Länge des aufsteigenden Knotens der Mondbahn und L die Länge der Sonne, so hat man für die Nutation dieses Gestirns in Rectascension

$$\begin{aligned}\partial a = & - 15'',39 \text{ Sin.} ☊ \\ & - (6'',68 \text{ Sin.} ☊ \text{ Sin.} a + 8'',98 \text{ Cos.} ☊ \text{ Cos.} a) \text{ Cotg.} p \\ & - 1'',22 \text{ Sin.} 2L \\ & - (0'',53 \text{ Sin.} 2L \text{ Sin.} a + 0'',58 \text{ Cos.} 2L \text{ Cos.} a) \text{ Cotg.} p\end{aligned}$$

und für die Nutation in Poldistanz

$$\begin{aligned}\partial p = & \; 6'',68 \text{ Sin.} ☊ \text{ Cos.} a - 8'',98 \text{ Cos.} ☊ \text{ Sin.} a \\ & + 0'',53 \text{ Sin.} 2L \text{ Cos.} a - 0'',58 \text{ Cos.} 2L \text{ Sin.} a.\end{aligned}$$

Aehnliche Ausdrücke hat man auch für die Aberration.

Da die Astronomen diese beiden Nutationen sehr oft entwikkeln müssen, so mufste ihnen daran gelegen seyn, diese Entwickelung durch zweckmäfsige Tafeln so kurz und bequem als möglich zu machen. Auch hat es an Versuchen dazu nicht gefehlt. Einer der unbeholfensten ist wohl der, den Hell in den Wiener astron. Ephemeriden mitgetheilt und als einen stehenden Artikel durch viele Jahrgänge wiederholt hat. Er bedurfte dazu einer grofsen Anzahl von Tafeln, die viele Seiten füllen und am Ende noch unbequemer seyn mögen, als die unmittelbare Berechnung der Formeln selbst. Zweckgemäfser verfuhr schon Cagnoli in seiner Trigonometrie, und noch mehr Lambert, dessen Tafeln in der bekannten Sammlung der Tabellen erschienen sind, welche die Akademie in Berlin herausgegeben hat. Nach ihnen kamen die Aberrations- und Nutationstafeln von Delambre, die Lalande mit so vielem Lobe, als die bestmöglichen, in seine Astronomie aufgenommen hat. In der That waren die letzten wenigstens zehnmal kürzer und bequemer, als die von Hell gegebenen, und es war kaum zu erwarten, dafs man sie noch weiter verbessern könne, um so weniger, da schon so viele Astronomen ihre Kräfte daran versucht hatten. Allein Gauss, dem die Wissenschaft so viel verdankt, wufste diesem so oft und viel besprochenen Gegenstande doch noch eine neue und zwar sehr vortheilhafte Seite abzugewinnen. Seine Tafeln, denen wohl Niemand den Vorzug vor allen andern bestreiten wird, sind auf die Idee gegründet, die allerdings einfach genug ist, um von Jedermann gefunden zu werden, die aber doch Niemand vor ihm be-

merkt hat, auf die Idee nämlich, dafs jeder Ausdruck der Form

$$A\,(\alpha\,\mathrm{Cos.}\,\beta\,\mathrm{Cos.}\,\gamma + \mathrm{Sin.}\,\beta\,\mathrm{Sin.}\,\gamma)$$

immer auch auf die Gestalt

$$x\,.\,\mathrm{Cos.}\,(\beta - \gamma + y)$$

gebracht werden kann, wenn man nur die beiden Gröfsen x und y gehörig entwickelt. Setzt man nämlich die Factoren von $\mathrm{Sin.}\,\gamma$ und von $\mathrm{Cos.}\,\gamma$ in beiden Ausdrücken einander gleich, so erhält man

$$A\,\alpha\,\mathrm{Cos.}\,\beta = x\,(\mathrm{Cos.}\,\beta\,\mathrm{Cos.}\,y - \mathrm{Sin.}\,\beta\,\mathrm{Sin.}\,y)$$

und

$$A\,\mathrm{Sin.}\,\beta = x\,(\mathrm{Sin.}\,\beta\,\mathrm{Cos.}\,y + \mathrm{Cos.}\,\beta\,\mathrm{Sin.}\,y)$$

und aus diesen beiden Gleichungen erhält man für x und y die folgenden Werthe

$$x = A\sqrt{1 - (1-\alpha^2)\,\mathrm{Cos.}^2\beta}$$

und

$$\mathrm{Tang.}\,y = \frac{(1-\alpha)\,\mathrm{Sin.}\,\beta\,\mathrm{Cos.}\,\beta}{1-(1-\alpha)\,\mathrm{Cos.}^2\beta}.$$

Wendet man diefs auf die vorhergehenden Ausdrücke der Nutation an, und betrachtet man zuerst diejenigen Glieder, die von L unabhängig sind, so erhält man

$$x = 6{,}68\sqrt{1 + 0{,}8071\,\mathrm{Cos.}^2\,\Omega}$$

und

$$\mathrm{Tang.}\,y = -\frac{0{,}3443\,\mathrm{Sin.}\,\Omega\,\mathrm{Cos.}\,\Omega}{1 + 0{,}3443\,\mathrm{Cos.}^2\,\Omega}.$$

Man wird daher nur eine kleine Tafel zu entwerfen haben, die für jeden Werth von Ω die Werthe von x und y und überdiefs die Gröfse

$$z = -15'',39\,\mathrm{Sin.}\,\Omega$$

giebt, und man wird dann aus dieser Tafel mit einer sehr einfachen Rechnung sofort die beiden Nutationen ∂a und ∂p mittelst folgender Gleichungen finden

$$\partial a = -x\,\mathrm{Cos.}\,(\Omega + y - a)\,.\,\mathrm{Cotg.}\,p + z$$

und

$$\partial p = x\,\mathrm{Sin.}\,(\Omega + y - a).$$

Will man dann auch noch die von L abhängigen Glieder oder will man die Solarnutation haben, so wird man, wie leicht einzusehen, nur noch einmal in dieselben Tafeln, aber mit dem Argumente 2 L statt mit Ω, eingehn und die so erhal-

tenen Werthe durch die constante Zahl 0,08 multipliciren, um bis auf ein oder zwei Zehntheile einer Secunde auch noch die von L abhängigen Glieder der oben gegebenen Ausdrücke von ∂a und ∂p zu erhalten. Ganz dasselbe Verfahren läfst sich auch auf die bekannten Formeln der Aberration anwenden, daher wir uns hier nicht weiter dabei aufhalten.

Nicht minder glücklich reducirte Gauss die Formel zu Höhenmessungen durch das Barometer, an der schon so viele vor ihm sich versucht hatten, auf eine sehr kleine Tafel. Diese Formel ist, wie sie in Laplace's *Mécanique céleste* mitgetheilt wird, folgende:

$h = \alpha . \beta . \gamma,$

wo man hat

$$\alpha = 9407{,}7244 + 26{,}6798 \text{ Cos. } 2\varphi,$$
$$\beta = 1 + 0{,}0025\,(t + t'),$$
$$\gamma = \text{Log.} \frac{b}{[1 + 0{,}00023.(T - T')].b'},$$

und in diesen Ausdrücken bezeichnet

b den Stand des Barometers, t des äufsern, T des innern Thermometers an der untern Station,

b' - - - - - - - - t' des äufsern, T' des innern Thermometers an der obern Station,

φ die Breite des Orts,

h den gesuchten Höhenunterschied in Toisen.

Die beiden Barometer können in beliebigem, nur für beide in gleichem Mafse genommen werden; T und T' sind die an der Scale des Barometers angebrachten oder sogenannten *inneren* Thermometer, welche die Temperatur des Quecksilbers im Barometer anzeigen, während t und t' die Temperatur der *äufsern* Luft in der untern und obern Station geben. Beide Thermometer werden hier in Graden der achtzigtheiligen Scale verstanden. Hat man also andere Thermometer gebraucht, so mufs man zuerst ihre Angaben in Réaumür'sche Grade verwandeln.

Etwas genauer wird man noch, wenn man die Höhendifferenz h durch den vorhergehenden Ausdruck

$$h = \alpha . \beta . \gamma$$

gefunden hat, die verbesserte Höhendifferenz h' durch folgenden Ausdruck finden

$$h' = h + 0{,}00000260\,u\varphi z$$
$$+ 0{,}00000306\,z^2$$

und so hat ihn auch, wenn gleich unter einer andern Gestalt, LAPLACE[1] gegeben.

Diesen Ausdruck hat GAUSS durch drei kleine Täfelchen dargestellt, die bereits oben[2] mitgetheilt worden sind. Da aber die dort gegebene Anleitung zum Gebrauch dieser Tafeln nicht ganz deutlich scheint, so wollen wir sie hier ganz mit denselben Worten geben, wie sie GAUSS[3] selbst mitgetheilt hat. Der Kürze wegen nennen wir die Zahlen der

Tafel I . . . . A
— II . . . . B
— III . . . . C.

Man ziehe also von Log. b ab die Gröfse 10 T
und von Log. b′ - - - 10 T′,

natürlich mit Berücksichtigung der Zeichen von T und T′, und nenne u die Differenz (Log. b — 10 T) — (Log. b′ — 10 T′).

Aus der Tafel I. wird mit dem Argumente $(t + t')$ die Gröfse A genommen und aus der Tafel II. mit dem Argumente φ die Gröfse B, so hat man sofort den genäherten Werth

$$h = \text{Log.}\, u + A + B.$$

Mit diesem h nimmt man dann aus der Tafel III. die Gröfse C, und dann ist der verbesserte Werth von h, den wir durch h′ bezeichnen wollen,

$$\text{Log.}\, h' = h + C \text{ in Metern}$$

oder

$$\text{Log.}\, h' = h + C + 9{,}71018 \text{ in Toisen.}$$

Dabei wird vorausgesetzt, dafs man in der Tafel I. nur die erste Columne A′ in Metern nimmt (die zweite A′ in Par. Fufs ist ganz überflüssig und wird besser ganz weggelassen, da sie die Tafel ohne Zweck erweitert). Noch kann man bemerken, dafs B positiv für $\varphi < 45^\circ$
und negativ für $\varphi > 45^\circ$ ist.

Um diese Vorschriften durch ein Beispiel deutlich zu machen, sey

---

1 Mécanique Céleste Liv. X. Chap. IV.

2 S. *Höhenmessung* Bd. V. S. 829.

3 Jahrbuch für 1837. Herausgegeben von H. C. Schumacher. 1837. S. 207.

unt. Station $b = 316{,}27$; $T = +0^\circ{,}5$ Réaum., $t = +0^\circ{,}3$ Réaum.,
obere Stat. $b' = 286{,}53$; $T' = -1{,}7$ $t' = -1{,}9$,
$\varphi = 48^\circ$

Damit erhält man

$\text{Log.}\, b = 2{,}50006$; $\text{Log.}\, b - 10\,T = 2{,}50001$
$\text{Log.}\, b' = 2{,}45717$; $\text{Log.}\, b' - 10\,T' = 2{,}45734$

$u = 0{,}04267$, $\text{Log.}\, u = 8{,}63012$

Mit $t + t' = -1^\circ{,}6$ giebt Taf. I. . . . . $A = 4{,}26264$
Mit $\varphi = 48$ . . . . Taf. II. . . . . $B = -0{,}00013$

$h = 2{,}89263$

Mit $h = 2{,}9$ . . . . . . Taf. III. . . . . . $C = 0{,}00005$

$h + C = \text{Log.}\, h' = 2{,}89268$

oder $h' = 781{,}06$ Meter.

Will man die Höhe h' in Toisen, so ist

$$\begin{array}{r} 2{,}89268 \\ 9{,}71018 \\ \hline \text{Log.}\, h' = 2{,}60286 \\ h' = 400{,}74 \text{ Toisen.} \end{array}$$

Die sinnreiche und zweckmäſsige Einrichtung dieser Tafeln wird keiner weitern Erläuterung bedürfen.

Durch einen geschickten Gebrauch solcher Tafeln kann man auch öfter mit einer und derselben Tafel verschiedene Probleme auflösen, deren jedes eigentlich eine besondere Tafel erfordert hätte. So giebt z. B. die Tafel, welche oben[1] mitgetheilt worden ist, aus der bekannten Sternzeit die mittlere Sonnenzeit, allein sie kann auch mit einer geringen Modification für die Auflösung des umgekehrten Problems gebraucht werden, wo man die Sternzeit sucht, wenn die mittlere Zeit gegeben ist. Da dieses schon oben erläutert wurde, so halten wir uns hier nicht länger dabei auf.

Man pflegt die Zahl, mit welcher man in eine Tafel eingeht, um damit die gesuchte Gröſse zu erhalten, das *Argument* der Tafel zu nennen. So ist in den genannten drei Tafeln für Höhenmessungen durch das Barometer

$(t + t')$ das Argument der Tafel I
φ - - - - - II
und h - - - - - III.

1 S. Art. *Sternzeit.* Bd. VIII. S. 1048.

Allein oft ist es zur Berechnung einer Tafel bequemer, das Argument als die gesuchte Gröſse und die unbekannte Zahl der Tafel als die gegebene anzunehmen. So hat man z. B. bei den Kometenrechnungen den bekannten Ausdruck:

$$\text{Tang.} \frac{v}{2} + \frac{1}{3} \text{Tang}^3. \frac{v}{2} = (0{,}0344042).p^{-\frac{3}{2}}.t,$$

wo v die wahre Anomalie des Kometen in seiner parabolischen Bahn, p den halben Parameter dieser Bahn und endlich t die Zeit in Tagen bezeichnet, seit welcher der Komet durch sein Perihel gegangen ist. Bei der natürlichen Stellung der Aufgabe ist p eine bekannte Gröſse und die Zeit t gegeben, so wie die Anomalie v zu suchen. Allein dann fordert die Bestimmung von v die Auflösung einer kubischen Gleichung. Wenn man also z. B. für die einzelnen Tage t = 1, 2, 3.. die wahre Anomalie für eine Tafel berechnen wollte, so müſste man diese kubische Gleichung sehr oft auflösen, was die Construction der Tafel sehr beschwerlich machen würde. Es wird aber viel bequemer seyn, die Werthe von $v = 1°, 2°, 3°$... als bekannt oder als das Argument der Tafel anzunehmen und daraus den entsprechenden Werth von t zu suchen. Diese Erleichterung der Rechnung wird dann erlauben, die auf einander folgenden Werthe von v, also auch von t, viel kleiner als zuvor anzunehmen, so daſs man beim Gebrauche der Tafel sich immer mit einer einfachen Proportion begnügen kann, ohne erst die zweiten und höhern Differenzen zu Hülfe zu rufen. Barker's bekannte Kometentafel, die Olbers Werke über die Berechnung der Kometenbahnen beigedruckt ist, überhebt uns übrigens dieser Mühe, jene Tafel noch einmal zu berechnen.

Von besonderem Nutzen sind die *allgemeinen* Tafeln, deren Anwendung sich auf mehrere Probleme erstreckt. Hierher gehört z. B. die Tafel, welche zuerst Delambre in der hier nothwendigen Ausdehnung gegeben hat und die den Werth von

$$\frac{2\,\text{Sin.}^2 \frac{1}{2} t}{\text{Sin.}\, 1''}$$

für die einzelnen Secunden der Zeit t, also von t = 1″, 2″, 3″... etwa bis t = 30 Minuten giebt. Verbindet man diese Tafel noch mit einer kleinern für die Gröſse

$$\frac{2\,\text{Sin.}^4 \frac{1}{2} t}{\text{Sin.}\,1''},$$

so wird man sie bei der Auflösung vieler astronomischer und physikalischer Probleme mit grofsem Vortheile anwenden.

Es giebt Tafeln, die ihrer Natur nach nur für eine kurze Zeit richtig seyn können, und die man doch nicht so oft berechnen möchte, um sie z. B. für ein ganzes Jahrhundert anwenden zu können. Die oben erwähnte *Gleichung der Bahn* der Planeten ist nach der Formel entworfen:

$$w = 2e\,\text{Sin.}\,m - \tfrac{5}{4} e^2\,\text{Sin.}\,2m + \frac{e^3}{4}\left(\tfrac{13}{3}\,\text{Sin.}\,3m - \text{Sin.}\,m\right) + \ldots$$

wo w diese Gleichung der Bahn, m die mittlere Anomalie[1] und e das Verhältnifs der Excentricität zur halben grofsen Axe bezeichnet. Für die Erde z. B. ist im Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts $e = 0{,}016793$. Mit diesem Werthe von e wird man demnach durch die vorhergehende Gleichung eine Tafel berechnen können, die für jeden Werth von $m = 1, 2, 3 \ldots$ Graden den entsprechenden Werth von w giebt, allein diese Tafel würde, da e veränderlich ist, nur für die ersten Jahre vor und nach 1800 gelten, und man würde etwa für jedes andere Decennium wieder eine solche Tafel berechnen müssen. Dieses zu vermeiden könnte man, da die Gröfse e sich nur sehr langsam ändert (in einem Jahrhundert nimmt sie nur um 0,000042 ab), eine solche Tafel mit $e = 0{,}016793$ für 1800 und eine zweite mit $e = 0{,}016751$ für das Jahr 1900 berechnen, und entweder die Zahlen für beide Zeiten in einer Doppeltafel neben einander stellen, oder, was bequemer ist, nur die ersten dieser Zahlen in die Tafel aufnehmen und ihr die Differenz der zweiten Zahlen von der ersten zur Seite geben. Diese Differenz zeigt dann an, wie viel jede der für 1800 berechneten Zahlen in einem Jahrhundert, also auch in einer gegebenen Anzahl von Jahren, sich ändert. Kürzer noch findet man diese sogenannte *seculäre Aenderung* der Gleichung der Bahn, wenn man den vorhergehenden Ausdruck für w differentiirt. Bleibt man bei dem ersten Gliede desselben stehen, so erhält man

$\partial w = 2\partial e\ \text{Sin.}\,m$ oder eigentlich

$$\partial w = \frac{2\partial e}{\text{Sin.}\,1''}.\,\text{Sin.}\,m.$$

1. S. Art. *Mittlerer Planet.* Bd. VI. S. 2312.

Setzt man $\partial e = 0{,}000042$, so hat man

$$\partial w = 17'',33 \text{ Sin. m}$$

und damit wird man die seculäre Aenderung berechnen und der für 1800 bestimmten Tafel hinzufügen können. So ist auch in der That die Einrichtung, welche die Astronomen ihren Planetentafeln gegeben haben.

Es ist bereits oben gesagt worden, daſs einer der gröſsten Vortheile dieser Tafeln darin besteht, daſs sie die oft sehr zusammengesetzten und zeitraubenden Rechnungen der Astronomen ungemein erleichtern. Das Vorhergehende enthält bereits mehrere Beispiele, welche diese Erleichterung deutlich machen. Das Folgende aber, welches wir ebenfalls unserem Gauss verdanken, scheint ganz vorzüglich geeignet, diese Eigenschaft in ihr wahres Licht zu setzen.

Eines der vorzüglichsten und am häufigsten wiederkommenden Probleme der Astronomie ist die Verwandlung des *heliocentrischen Orts* eines Planeten in den *geocentrischen Ort* desselben. Die Erklärung dieser beiden Ausdrücke ist oben[1] gegeben worden, aber auch nichts, als diese Worterklärung, daher wir hier, zum Schlusse des gegenwärtigen Artikels, das Vorzüglichste über diesen wichtigen Gegenstand kurz nachtragen wollen.

Sey l, b, r in derselben Ordnung die heliocentrische Länge und Breite und der Radius Vector des Planeten, λ, β, ϱ die geocentrische Länge und Breite und die Distanz des Planeten von der Erde, und endlich L, B, R die heliocentrische Länge und Breite und der Radius Vector der Erde. Ueberdieſs wollen wir noch durch α und δ die geocentrische Rectascension und Declination des Planeten, durch n die Neigung der Bahn desselben gegen die Ekliptik, durch k die Länge des aufsteigenden Knotens dieser Bahn in der Ekliptik und endlich durch l die Schiefe der Ekliptik bezeichnen und der Kürze wegen die auf die Ebene der Ekliptik reducirten Distanzen r, ϱ und R durch r′, ϱ' und R′ ausdrücken, so daſs man also hat

$$r' = r \text{ Cos. } b,$$
$$\varrho' = \varrho \text{ Cos. } \beta,$$
$$R' = R \text{ Cos. } B.$$

1 S. Art. *Ort.* Bd. VII. S. 276.

Um nun zuerst aus der heliocentrischen Länge und Breite eines Planeten die geocentrische abzuleiten, hat man, wie sich leicht ergiebt, die folgenden drei Gleichungen:

$$\varrho' \text{Cos.}(\lambda - N) = r' \text{Cos.}(l - N) - R' \text{Cos.}(L - N),$$
$$\varrho' \text{Sin.}(\lambda - N) = r' \text{Sin.}(l - N) - R' \text{Sin.}(L - N),$$
$$\varrho' \text{Tang.}\beta = r' \text{Tang. } b - R' \text{Tang. } B',$$

wo N irgend eine willkürliche Gröfse bezeichnet. Setzt man, um sogleich die für die Rechnung bequemsten Ausdrücke zu erhalten, diese Gröfse

$$N = \tfrac{1}{2}(l + L),$$

so erhält man

$$\text{Tang.}(\lambda - \tfrac{1}{2}(l + L)) = \frac{r' + R'}{r' - R'} \cdot \text{Tang.} \tfrac{1}{2}(l - L),$$

$$\varrho' = (r' + R) \frac{\text{Sin.} \tfrac{1}{2}(l - L)}{\text{Sin.}(\lambda - \tfrac{1}{2}(l + L))},$$

$$\text{Tang.}\beta = \frac{r' \text{Tang. } b - R' \text{Tang. } B}{\varrho'},$$

und durch diese Gleichungen erhält man λ, ϱ' und β, wenn l, b, r und L, B, R bekannt sind, wodurch das gegebene Problem aufgelöst wird. In den meisten Fällen wird man $B = 0$, also auch $R' = R$ setzen können.

Um nun auch ebenso die verkehrte Aufgabe aufzulösen oder um aus der geocentrischen Länge und Breite den heliocentrischen Ort des Planeten zu finden, hat man, wenn u das Argument der Breite bezeichnet, wieder folgende drei Gleichungen:

$$r \text{Cos. } u - R \text{Cos.}(L - k) = \varrho \text{Cos.}\beta \text{Cos.}(\lambda - k),$$
$$r \text{Sin. } u \text{Cos. } n - R \text{Sin.}(L - k) = \varrho \text{Cos.}\beta \text{Sin.}(\lambda - k),$$
$$r \text{Sin. } u \text{Sin. } n = \varrho \text{Sin.}\beta,$$

und daraus wird man u, r und ϱ finden, wenn λ, β, n, k und L bekannt sind. Setzt man nämlich

$$\text{Tang. } A = \frac{\text{Cos.}(L - k) \text{Tang.}\beta}{\text{Sin.}(L - \lambda)}$$

und

$$\text{Tang. } B = \frac{\text{Tang.}\beta}{\text{Sin.}(\lambda - k)},$$

so findet man

$$\text{Tang. } u = \frac{\text{Sin. } A \text{ Tang.}(L-k)}{\text{Sin. }(A+n)},$$

$$r = \frac{R \text{ Sin. } B \text{ Sin. }(L-k)}{\text{Sin.}(B-n) \text{ Sin. } u},$$

$$\varrho = \frac{R \text{ Sin. } B \text{ Sin.}(L-k) \text{ Sin. } n}{\text{Sin. } \beta \text{ Sin.}(B-n)}.$$

Dieses sind wohl die einfachsten Auflösungen, die man von den beiden in Rede stehenden Problemen geben kann. Allein das erste ist noch einer nähern Betrachtung werth. Die Astronomen bedürfen nämlich, zur Vergleichung ihrer Planetenbeobachtungen mit den Tafeln dieser Planeten, nicht sowohl die geocentrische Länge λ und Breite β, als vielmehr die geocentrische Rectascension α und Declination δ dieses Planeten, und es ist daher sehr wünschenswerth, aus jenen Tafeln, die nur das Argument der Breite u und den Radius Vector r geben, unmittelbar die Gröfsen α und δ zu finden.

Gauss hat dieses Problem auf eine Weise gelöst, die in Beziehung auf ihre Schärfe und Eleganz wohl nichts mehr zu wünschen übrig lassen kann[1]. Wir wollen diese Auflösung hier unter einer abgekürzten Form mittheilen.

Bestimmt man die Lage der Erde gegen die Sonne durch drei rechtwinklige Coordinaten X, Y und Z, von denen X und Y in der Ebene des Aequators und X in der Linie der Nachtgleichen liegt, so hat man

$$X = R \text{ Cos. } L, \quad Y = R \text{ Sin. } L \text{ Cos. } e, \quad Z = R \text{ Sin. } L \text{ Sin. } e \ldots \text{ (I).}$$

Bestimmt man ebenso die Lage des Planeten gegen die Sonne durch drei andere senkrechte Coordinaten x'', y'', z'', von welchen x'' in der Knotenlinie und x'', y'' in der Ekliptik liegen, so hat man

$$x'' = r \text{ Cos. } u, \quad y'' = r \text{ Sin. } u \text{ Cos. } n, \quad z'' = r \text{ Sin. } u \text{ Sin. } n.$$

Gehn aber diese Coordinaten in andere x', y', z' über, von welchen x' in der Linie der Nachtgleichen und x', y' in der Ekliptik liegen, so hat man

$$x' = x'' \text{ Cos. } k - y'' \text{ Sin. } k, \quad y' = x'' \text{ Sin. } k - y'' \text{ Cos. } k \text{ und } z' = z''.$$

Transformirt man endlich auch diese Coordinaten in solche x, y, z, von denen x in der Linie der Nachtgleichen und x, y in dem Aequator liegen, so hat man

1. V. Zach Monatl. Corr. Th. IX. S. 385.

$x = x', \; y = y' \,\text{Cos.}\, e - z' \,\text{Sin.}\, e, \; z = y' \,\text{Sin.}\, e + z' \,\text{Cos.}\, e.$

Substituirt man in den drei letzten Ausdrücken die Werthe von x', y', z' und stellt dann auch die vorigen Werthe von x'', y'', z'' wieder her, so erhält man

$$\frac{x}{r} = \text{Cos.}\, u.\, \text{Cos.}\, k - \text{Sin.}\, u\, \text{Sin.}\, k\, \text{Cos.}\, n,$$

$$\frac{y}{r} = \text{Cos.}\, u\, \text{Sin.}\, k\, \text{Cos.}\, e + \text{Sin.}\, u\, \text{Cos.}\, k\, \text{Cos.}\, n\, \text{Cos.}\, e$$
$$- \text{Sin.}\, u\, \text{Sin.}\, n\, \text{Sin.}\, e,$$

$$\frac{z}{r} = \text{Cos.}\, u\, \text{Sin.}\, k\, \text{Sin.}\, e + \text{Sin.}\, u\, \text{Cos.}\, k\, \text{Cos.}\, n\, \text{Sin.}\, e$$
$$+ \text{Sin.}\, u\, \text{Sin.}\, n\, \text{Cos.}\, e.$$

Um aber diese drei Ausdrücke zur Rechnung bequemer zu machen, wird man folgende sechs Hülfsgröſsen A, B, C und a, b, c einführen:

$$\text{Tang.}\, A = -\frac{\text{Cotg.}\, k}{\text{Cos.}\, n}, \qquad \text{Sin.}\, a = \frac{\text{Cos.}\, k}{\text{Sin.}\, A},$$

$$\text{Tang.}\, B = \frac{\text{Sin.}\, k\, \text{Cos.}\, e\, \text{Sin.}\, \psi}{\text{Sin.}\, n\, \text{Cos.}\, (\psi + e)}, \qquad \text{Sin.}\, b = \frac{\text{Cos.}\, e\, \text{Sin.}\, k}{\text{Sin.}\, B},$$

$$\text{Tang.}\, C = \frac{\text{Sin.}\, k\, \text{Sin.}\, e\, \text{Sin.}\, \psi}{\text{Sin.}\, n\, \text{Sin}\, (\psi + e)}, \qquad \text{Sin.}\, c = \frac{\text{Sin.}\, e\, \text{Sin.}\, k}{\text{Sin.}\, C},$$

wo man hat:

$$\text{Tang.}\, \psi = \frac{\text{Tang.}\, n}{\text{Cos.}\, k}$$

und wodurch daher die obigen Werthe von x, y und z folgende sehr einfache Gestalt erhalten

$$\left.\begin{aligned} x &= r\, \text{Sin.}\, a\, \text{Sin.}\, (A + u) \\ y &= r\, \text{Sin.}\, b\, \text{Sin.}\, (B + u) \\ z &= r\, \text{Sin.}\, c\, \text{Sin.}\, (C + u) \end{aligned}\right\} \; .. \quad (\text{II}).$$

Kennt man aber auf diese Weise die Gröſsen X, Y, Z aus (I) und x, y, z aus (II), so erhält man die drei unbekannten Gröſsen α, δ und ϱ, welche die geocentrische Lage des Planeten gegen den Aequator bestimmen, durch folgende Ausdrücke

$$\left.\begin{aligned} \varrho\, \text{Cos.}\, \alpha\, \text{Cos.}\, \delta &= x - X \\ \varrho\, \text{Sin.}\, \alpha\, \text{Cos.}\, \delta &= y - Y \\ \varrho\, \text{Sin.}\, \delta &= z - Z \end{aligned}\right\} \; .. \quad (\text{III}).$$

Delambre hat gegen diese Auflösung die Einwendung gemacht, dafs sie umständlicher und mühsamer als alle anderen bisher bekannten ist. Das ist wahr, wenn von der Berechnung eines einzigen Planetenorts die Rede ist. Allein Gauss gab sie für den besonders bei den vier neuen Planeten oft vorkommenden Fall, wo man eine Ephemeride derselben berechnen oder wo man mehrere auf einander folgende Beobachtungen mit den Elementen oder mit den auf diese Elemente gegründeten Tafeln vergleichen will. Und da würde schon die geringste Aufmerksamkeit hinlänglich gewesen seyn, um die Vorzüglichkeit dieser Auflösung vor allen übrigen anzuerkennen. In der That, die sechs Gröfsen A, B, C und a, b, c hängen nur von den Gröfsen n, k und e ab, und da die letztern sich nur sehr langsam ändern, so kann man auch jene sechs Gröfsen für eine längere Zeit als constant betrachten und sie daher für einen grofsen Theil der erwähnten Ephemeride nur einmal berechnen.

Um dieses durch ein Beispiel zu erläutern, hat man für den Planeten Mars

	Jahr 1840		Jahr 1900
n	=1° 51′ 3″	......	1° 51′ 0″.
k	=48 16 18	......	48 41 18
e	=23 27 35	....	23 27 5

und daraus findet man durch Hülfe der obigen Gleichungen:

	für 1840		jährliche Aenderung
A	=89° 59′ 12	....	— 0″,50
B	= 0 37 12	....	— 0,50
C	=356 59 2	....	— 1,83
Log. Sin. a	=9,99989	..	— 0,0000012
Log. Sin. b	=9,95839	..	+ 0,0000020
Log. Sin. c	=9,62176	..	— 0,0000080

Wenn sonach die Werthe dieser sechs Gröfsen für die Zeit von 1840 bis 1900 bekannt sind, so sieht man, dafs die Gaufs'sche Auflösung selbst für eine einzelne Bestimmung bequemer ist, als z. B. die früher gegebene, da man durch diese letzte doch nur λ und β, aber nicht α und δ erhält und da doch die zwei letzten Gröfsen die eigentlich gesuchten sind. Allein selbst diese Auflösung läfst sich noch durch Hülfe einer Tafel sehr vereinfachen, und dieses ist die vorzüglichste

Ursache, warum sie hier in diesem Artikel angeführt wir
Aus dem Vorhergehenden ist nämlich bekannt, wie man fü
jede gegebene Zeit die mittlere Anomalie und daraus die wah
Anomalie ν und den Radius Vector des Planeten finden kann
Ist dann P die bekannte Länge des Periheliums, so ist das Ar
gument u der Breite

$$u = \nu + P - k.$$

Kennt man aber u und r, nebst den oben angeführten sech
Constanten, so hat man mittelst der Gleichungen (II) auc
die Gröfsen x, y und z, das heifst also, man kann für je
den Planeten eine Tafel berechnen, die für jeden Wert
$m = 1^\circ, 2^\circ, 3^\circ \ldots$ der mittleren Anomalie sofort die dr
Coordinaten x, y, z giebt, die den wahren Ort dieses Plane
ten gegen die Sonne in Beziehung auf den Aequator be
stimmen.

Eine ähnliche Tafel wird man auch mittelst der Glei
chungen (I) für die Sonne berechnen können. Da man abe
die mittlere Anomalie des Planeten und der Sonne durch ein
bloſse einfache Addition findet, so sieht man, daſs man durc
Hülfe dieser Tafeln die Werthe von x, y, z für den Plane
ten, so wie die von X, Y, Z für die Sonne, ohne alle Berech
nung finden wird. Kennt man aber diese sechs Coordinaten
so findet man daraus unmittelbar die drei gesuchten Wertl
von α, δ und ϱ durch die Gleichungen (III), und dadurc
ist das Problem vollständig aufgelöst[2].

Zum Gebrauche der Tafeln wird öfter auch die *Interpo
lation* derselben erfordert, daher es angemessen scheint, hie
auch über diesen für den Astronomen und Physiker gleic
wichtigen Gegenstand das Vorzüglichste beizubringen. Neh
men wir an, um dieses sofort durch ein Beispiel deutlich z
machen, dafs man aus irgend einer Tafel für die Argument
1, 2, 3... folgende Zahlen erhalten habe:

Arg.	Zahl
1	2,30103
2	2,32222
3	2,34242
4	2,36173
5	2,38021

1 S. Art. *Mittlerer Planet*. Bd. VI. S. 2313.

2 Man findet dieses Verfahren und die hier erwähnten Tafel

und dafs man z. B. für das Argument 2,4 = 24 die entsprechende Zahl der Tafel zu suchen habe.

Nach dem gewöhnlichen Verfahren wird man diese Zahl mittelst einer einfachen Proportion auf folgende Weise finden. Da das gegebene Argument zwischen 2 und 3 liegt, wofür die Differenz der Zahlen 0,02020 ist, so hat man

$$1 : 0{,}02020 = 0{,}4 : x \text{ oder } x = 0{,}00808$$
$$2{,}32222$$
$$\text{gesuchte Zahl} \ldots \; 2{,}33030.$$

Allein dieses Verfahren ist unrichtig, da die gesuchte Zahl eigentlich 2,33041 seyn soll, indem, wie man sieht, die oben gegebenen fünf Zahlen die Logarithmen von 200, 210, 220, 230 und 240 sind, so dafs also das Argument 2,4 gleich dem Log. 214 oder gleich 2,33041 ist. Der Grund des hier begangnen Fehlers liegt in der unrichtigen Voraussetzung, dafs die Zahlen der Tafel gleichförmig wachsen, was nicht der Fall ist, da ihre Differenzen nicht constant, sondern veränderlich sind. Um nun die wahre zu dem Argumente 2,4 gehörende Zahl zu erhalten, pflegt man gewöhnlich so zu verfahren. Man nimmt an, dafs die gegebenen Zahlen der Tafel zu einer sogenannten arithmetischen Reihe höherer Ordnung gehören, das heifst, zu einer Reihe, deren 2te, 3te oder 4te ... Differenzen endlich so klein werden, dafs sie als ganz verschwindend angesehn werden können. Es sey nun x, x', x'', x'''... eine solche Reihe. Man bezeichne

die erste Differenz $x' - x$ durch Δx,
die zweite .... $x'' - 2x' + x$ durch $\Delta^2 x$,
die dritte .... $x''' - 3x'' + 3x' - x$ durch $\Delta^3 x$,
die vierte .... $x^{\text{IV}} - 4x''' + 6x'' - 4x' + x$ durch $\Delta^4 x$ u. s. f.

Ist dann x das 0te,
x' das 1ste,
x'' das 2te .. Glied der gegebenen Reihe, so hat man überhaupt für das nte Glied derselben den Ausdruck

$$x^n = x + n \,.\, \Delta x + \frac{n(n-1)}{1.2} \,.\, \Delta^2 x$$
$$+ \frac{n(n-1)(n-2)}{1.2.3} \Delta^3 x$$

für die Sonne und alle ältern Planeten vollständig ausgeführt in Littrow's Calendariographie. Wien 1828.

$$+\frac{n(n-1)(n-2)(n-3)}{1.2.3.4}\Delta^4 x + \text{u. s. f.}$$

Um dieses auf unser Beispiel anzuwenden, hat man die

ersten Differenzen . . .	zweiten . . .	dritten
+ 0,02119		
+ 0,02020	− 0,00099	
+ 0,01931	− 0,00089	+ 0,00010
+ 0,01848	− 0,00083	+ 0,00006,

so daſs also ist

$$x = 2,30103,$$
$$\Delta x = 0,02119,$$
$$\Delta^2 x = -0,00099,$$
$$\Delta^3 x = 0,00010.$$

Setzt man daher für das gegebene Beispiel $n = 1,4$, so ist

$$\frac{n(n-1)}{2} = 0,28,$$

$$\frac{n(n-1)(n-2)}{2.3} = -0,056,$$

und daher der vorige Ausdruck von x^n

$$x = 2,30103$$
$$1,4\Delta x = 0,02970$$
$$0,28\Delta^2 x = -0,00028$$
$$-0,056\Delta^3 x = -0,00001$$

gesuchte Zahl . . . 2,33044,

bis auf die vierte Decimalstelle inclusive genau. Wollte man diese gesuchten Zahlen bis auf die fünfte Decimalstelle genau haben, so müſsten die gegebenen Zahlen der Tafel in 6 Decimalstellen ausgedrückt werden.

Man suche in einem zweiten Beispiele die Länge des Monds für 1810 Juni 24. um 6 Uhr Abends Berliner Zeit. Aus den Berliner Ephemeriden von Bode, wo die Länge des Monds für alle Mittage des Jahres gegeben ist, hat man

24. Juni Mittag . . .	x =	15°	5′	21″
25.	x' =	27	57	22
26.	x'' =	40	33	11
27.	x''' =	52	56	13
28.	x^{IV} =	65	9	19

und daraus erhält man die folgenden Differenzen

$$\Delta x = + 12^\circ\ 52'\ 1''$$
$$\Delta^2 x = -\quad 16\ \ 12$$
$$\Delta^3 x = +\quad 3\ \ 25$$
$$\Delta^4 x = -\quad 34.$$

Setzt man nun $n = \frac{6}{24} = \frac{1}{4}$, so erhält man für den vorhergehenden Ausdruck von x^n

$$x \ldots\ldots\ldots \quad 15^\circ\ 5'\ 21'',0$$
$$n\Delta x \ldots\ldots\ldots + \quad 3\ 13\ 0,25$$
$$\frac{n(n-1)}{1.2}\Delta^2 x \ldots + \quad 1\ 31,13$$
$$\frac{n(n-1)(n-2)}{1.2.3}\Delta^3 x \ldots + \quad 11,21$$
$$\frac{n(n-1)(n-2)(n-3)}{1.2.3.4}\Delta^4 x \ldots + \quad 1,28$$
$$\text{gesuchte Zahl } x^n = 18^\circ\ 20'\ 4'',9.$$

Bei physikalischen Versuchen oder Experimenten kommt oft der Fall vor, dafs man die Resultate der einzelnen Beobachtungen nicht in gleichen Intervallen fortschreitend erhält, wie in den vorigen Beispielen. Gesetzt man hätte, um die Expansivkraft des Wasserdampfes zu bestimmen, folgende Beobachtungen angestellt:

für	Therm. centigr. fand man d. Expansivkraft	Millim.
	0°	5,06
+	12°	10,71
+	23	20,58
+	38	47,58
+	46	72,39
+	60	144,66
+	73	261,43
+	86	449,26
+	100	760,00

und man wollte aus diesen Angaben eine Tafel entwerfen, welche die Expansivkraft des Wasserdampfes für alle auf einander folgende Grade 1°, 2°, 3 . . bis 100 des Thermometers gäbe. Zu diesem Zwecke würde man zuerst die vorhergehenden Zahlen in eine bestimmte Formel bringen, welche sie alle darstellt. Betrachtet man z. B. die Thermometergrade als die Abscissen x und die dazu gehörenden Expansivkräfte als

die Ordinaten y einer krummen Linie, so könnte man für diese Curve die Gleichung annehmen

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 + \dots \quad \text{(IV)}$$

und dann die Werthe der Gröſsen a, b, c.. durch die vorhergehenden Beobachtungen bestimmen. Kennt man aber diese Werthe oder, mit andern Worten, kennt man die Gleichung (IV), durch welche alle vorhergehende Experimente über die Expansivkraft für $x = 0, 12, 23, 38$ u. s. w. dargestellt werden, so wird man dann in derselben Gleichung nur $x = 1, 2, 3 \dots$ setzen, um sofort auch die diesen Thermometergraden 1, 2, 3... entsprechenden Expansivkräfte y zu finden. Nehmen wir an, um dieses durch dasselbe schon oben gegebene Beispiel deutlich zu machen, daſs man durch solche Experimente folgende Zahlen gefunden habe:

x	y
1	2,30103
2	2,32222
3	2,34242
4	2,36173
5	2,38021.

Obschon nämlich hier die Gröſsen x in gleichen Intervallen auf einander folgen, so ist doch das nun folgende Verfahren dasselbe auch für ungleiche Intervalle. Nimmt man also auch hier wieder die Gleichung an

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 + \dots,$$

so hat man, wenn man in ihr für x und y die correspondirenden Werthe substituirt, folgende vier Bedingungsgleichungen:

$$a + b + c + d = 2{,}30103$$
$$a + 2b + 4c + 8d = 2{,}32222$$
$$a + 3b + 9c + 27d = 2{,}34242$$
$$a + 4b + 16c + 64d = 2{,}36173.$$

Aus diesen letzten Gleichungen erhält man aber auf dem gewöhnlichen Wege der Elimination folgende Werthe der vier unbekannten Gröſsen:

$$a = 2{,}278740$$
$$b = 0{,}022868$$
$$c = -0{,}000595$$
$$d = 0{,}000017$$

so dafs daher die gesuchte Gleichung (IV) folgende Gestalt haben wird:

$$
\begin{aligned}
y = &\ 2{,}278740 \\
&+ 0{,}022868x \\
&- 0{,}000595x^2 \\
&+ 0{,}000017x^3.
\end{aligned}
$$

Setzt man in dieser Reihe $x=2{,}4$, so erhält man

$$
\begin{array}{r}
2{,}278740 \\
0{,}054883 \\
-0{,}003427 \\
0{,}000235 \\
\hline
y=2{,}330431
\end{array}
$$

bis auf die vierte Decimalstelle incl. wie zuvor.

Diese beiden Methoden, die der Interpolation und die der Entwickelung einer allgemeinen Gleichung aus mehrern durch Beobachtungen gegebenen Resultaten, beziehn sich, wie man sieht, immer auf die Voraussetzung, dafs die aus dem Ganzen zu entwickelnde Gleichung die oben (Gleichung IV.) aufgestellte Form habe

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 + \ldots$$

und dafs überdiefs die letzten Glieder dieses Ausdrucks endlich so klein werden, dafs man sie ohne merkbaren Fehler weglassen kann.

In den meisten Fällen mag auch diese Gleichung allerdings genügen, aber öfter wird man sie auch unzureichend finden. Es wird aber immer sehr viel daran gelegen seyn, ob man die Form der Reihe der Natur der Aufgabe gemäfs richtig angenommen hat, weil man sonst unmögliche Resultate oder doch divergirende und unbrauchbare Reihen erhalten würde. Bezeichnet z. B. x die Tangente der Zenithdistanz eines Gestirns und y die dazu gehörende Refraction[1], und nimmt man zur Bestimmung der Refraction die obige Gleichung an

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 + \ldots,$$

so würde man dadurch gleichsam voraussetzen, dafs die Refraction y für eine negative Zenithdistanz nicht blofs in dem Zeichen, sondern auch in dem absoluten Werthe verschieden

1 S. Art. *Strahlenbrechung*. Bd. VIII. S. 1115.

sey von demjenigen y, welches man für dieselbe, aber positive Zenithdistanz erhalten würde, was offenbar unrichtig ist. Ueberdiefs wird man auch die erste Constante a weglassen oder gleich Null setzen, da x mit y zugleich verschwinden mufs, so dafs also die zu behandelnde Gleichung die Form haben mufs

$$y = ax + bx^3 + cx^5 + ..$$

Umgekehrt, wenn man z. B. den Cosinus eines *Winkels* x durch die folgende Reihe ausdrücken wollte:

$$\text{Cos.}\, x = a + bx + cx^2 + dx^3 + ..,$$

so wird man sich viele unnütze Rechnungen ersparen, *wenn* man erwägt, dafs der Cosinus eines positiven Winkels, in Beziehung auf Zeichen und Werth, gleich dem Cosinus *desselben* negativen Winkels, und dafs überdiefs Cos. $0 = 1$ ist, so dafs man daher statt jener Gleichung die folgende angemessenere nehmen wird:

$$\text{Cos.}\, x = 1 + ax^2 + bx^4 + cx^6 + ...$$

Bei astronomischen und physikalischen Beobachtungen kommt der Fall sehr oft vor, dafs die aus den Beobachtungen erhaltenen Resultate eine Periodicität, eine Wiederkehr *ihrer* Werthe zeigen. In allen diesen Fällen wird man statt der obigen Gleichung (IV) vortheilhafter eine Gleichung von *folgender* Form wählen:

$$\begin{aligned} 1 = a &+ b\,\text{Cos.}\,\varphi + c\,\text{Sin.}\,\varphi \\ &+ b'\,\text{Cos.}\,2\varphi + c'\,\text{Sin.}\,2\varphi \\ &+ b''\,\text{Cos.}\,3\varphi + c''\,\text{Sin.}\,3\varphi + \text{u. s. w.} \end{aligned}$$

Wählen wir, um diese oft vorkommende Aufgabe durch einen besondern Fall zu erläutern, die oben[1] mitgetheilten Erhöhungen über der Oberfläche der Erde, welche für die verschiedenen Tagesstunden einer Senkung des hunderttheiligen Thermometers von 1° entsprechen. Diese Beobachtungen sind bekanntlich von DE SAUSSURE auf dem Col de Géant angestellt worden. Stellen wir sie hier zuerst noch einmal zusammen.

1 S. Art. *Erde*. Bd. III. S. 1011.

		Erhöhung
Mittag oder	0h	148 Meter
Abends	2	140
	4	142
	6	141
	8	143
	10	157
Mitternacht oder	12	171
Morgens	14	189
	16	210
	18	195
	20	180
	22	160

Die kleinste Erhöhung fällt demnach auf 2 Uhr Abends, wo es am wärmsten ist, und die gröfste auf 4 Uhr Morgens, wo es am kältesten zu seyn pflegt. Man bemerkt aber in den angeführten Zahlen die periodische Wiederkehr auf den ersten Blick. Um nun die Formel zu erhalten, durch welche sich diese Beobachtungen darstellen lassen, wollen wir die seit dem Mittag verflossene Zeit durch einen Winkel φ darstellen, der sich zu 360° verhält, wie diese Zeit selbst zu 24 Uhr, während x die zu diesem Winkel oder zu dieser Tageszeit gehörende Erhöhung über der Erdfläche ausdrückt.

Nimmt man blofs die ersten vier Glieder der vorigen Reihe oder setzt man

$$x = a + b \operatorname{Cos.} \varphi + c \operatorname{Sin.} \varphi + d . \operatorname{Cos.} 2\varphi,$$

so wird man, um die vier Gröfsen a, b, c und d bequem zu bestimmen, aus den obigen Beobachtungen solche auswählen, die durch gleiche Zeitintervalle von einander getrennt sind. Nimmt man z. B. die vier Beobachtungen, für welche der Winkel $\varphi = 0°$, 90°, 180° und 270° ist, so hat man, wenn man die diesen vier Winkeln entsprechenden Werthe von x durch A, B, C und D bezeichnet, folgende Bedingungsgleichungen

$$A = a + b + d,$$
$$B = a + c - d,$$
$$C = a - b + d,$$
$$D = a - c - d,$$

und daraus erhält man sofort

$$a = \tfrac{1}{4}(A + B + C + D)$$
$$b = \tfrac{1}{2}(A - C)$$
$$c = \tfrac{1}{2}(B - D)$$
$$d = \tfrac{1}{4}(A - B + C - D).$$

Aus der vorhergehenden Tabelle folgt aber

	Meter		
A =	149	für	0^h
B =	141		6
C =	171		12
D =	195		18

also ist auch

$$a = + 163{,}75 \text{ Meter}$$
$$b = - 11{,}5$$
$$c = - 27{,}0$$
$$d = - 4{,}25$$

und sonach ist die gesuchte Gleichung

$$r = 163{,}75 - 11{,}5 \,\text{Cos.}\,\varphi - 27{,}0 \,\text{Sin.}\,\varphi - 4{,}25 \,\text{Cos.}\,2\varphi.$$

Um zu sehn, ob durch diese Gleichung die obigen Beobachtungen DE SAUSSURE's dargestellt werden, suche man daraus die Erhöhung r für 10 Uhr, wo $\varphi = 150°$ ist. Man findet durch die letzte Gleichung

$$r = 158{,}32,$$

während die Beobachtung 157 giebt, also nahe genug Rechnung mit Beobachtung übereinstimmend. Für eine gröſsere Harmonie würde man auch noch die Gröſsen in Rechnung nehmen, deren Factor

$$\text{Sin.}\,2\,\varphi,\ \text{Cos.}\,3\varphi,\ \text{Sin.}\,3\varphi \text{ u. s. w. ist}$$[1].

L.

---

[1] Eine Fortsetzung und weitere Ausführung dieses Gegenstandes findet man in E. E. SCHMIDT's mathem. Geographie. Bd. II. S. 281—286. und LAMBERT's Beiträge zur Mathematik. Bd. III.

Tachometer.

Bei physikalischen Untersuchungen kommt häufig Gelegenheit vor, die Geschwindigkeit gewisser Bewegungen zu messen, wozu man die erforderlichen Hülfsmittel nach den jedesmaligen Aufgaben wählen mufs, die so verschieden sind, dafs es nicht wohl einen allgemeinen Apparat, welcher für die Mehrzahl der Messungen, geschweige denn für alle genügend wäre, geben kann. Zu den Aufgaben dieser Art, um nur einige derselben zu nennen, gehört die Messung der einzelnen Pulsus bei SAVART's akustischen Versuchen[1], die Bestimmung der Umlaufszeit bei PLATEAU's Scheiben[2] und andere mehr. Mehrere für solche Messungen geeignete Apparate mögen wohl Tachometer (von τάχος die Geschwindigkeit) genannt worden seyn, ohne dafs sie jedoch unter diesem Namen allgemeinere Bekanntwerdung erhalten haben, welches näher zu untersuchen in das Gebiet der praktischen Maschinenlehre gehört. Hier mögen daher nur einige wenige und unter diesen zuerst dasjenige Tachometer erwähnt werden, welches BRYAN DONKIN[3] als ein allgemeines angegeben hat und wovon man allerdings unter den gehörigen Modificationen bei verschiedenen Maschinen zum Messen ihrer Geschwindigkeiten Gebrauch machen kann.

Dieses besteht aus einem Gefäfse AB von Buchsbaumholz, welches mit einem aufgedrückten Deckel dd verschlossen ist und in seiner Mitte das massive Stück ee enthält. In diesem befindet sich die Glasröhre ff, welche mit der engeren, der Thermometerröhre kk, verbunden ist. Die weitere Glasröhre ff ist unten in eine feine Spitze s umgebogen, in welche das im Gefäfse AB befindliche Quecksilber dringen kann und dann die bis ans Ende des Röhrchens kk reichende Weingeistsäule

Fig. 1.

1 S. Art. *Schall*. Bd. VIII. S. 503.

2 S. Art. *Gesicht*. Bd. IV. S. 767.

3 Transact. of the Soc. of Arts. T. XXVIII. Bibl. univ. T. XLVIII. p. 420. Ebendasselbe wird, ohne Angabe des Erfinders, beschrieben von Capt. KATER in Cabinet Cyclopaedia. Mechan. p. 234. In England ist es überhaupt sehr bekannt und unter andern in REES Cyclopaedia Art. Tachometer beschrieben.

im Gleichgewichte erhält. Das Gefäſs ist auf eine verticale, in den gehörigen Pfannen um ihre Axe leicht drehbare Spindel geschraubt, welche unten mit einem Würtel oder einer Rolle pp versehen ist. Um diese wird eine Schnur ohne Ende geschlungen, die zugleich mit einem Maschinentheile, dessen Geschwindigkeit man zu messen beabsichtigt, in Verbindung steht. Wird durch letzteren die Rolle mit einer gewissen Geschwindigkeit zum Umlaufen gebracht, so dreht sich auch die Spindel, das hölzerne Gefäſs und mit diesem die Glasröhre um eine gemeinschaftliche verticale Axe, das Quecksilber im Gefäſse hebt sich durch die erzeugte Schwungkraft, steigt gegen mm hin in die Höhe; es entweicht ein Theil desselben aus der Röhre ff durch die Oeffnung der Spitze s und der rothgefärbte Weingeist im Röhrchen kk sinkt nach und zeigt vermittelst der auf der Scale befindlichen Grade die durch Versuche vorher ausgemittelte Geschwindigkeit. Zur Vermeidung des Schlotterns wird die Spitze des Röhrchens kk in eine Oeffnung am Ende des Armes v gesteckt, und der ganze Apparat ist auf einem an den gehörigen Stellen ausgeschnittenen Brete befestigt, welches auf einem hinlänglich massiven Klötzchen gestützt ist.

Nicht als allgemeines Tachometer, wohl aber als ein für viele Maschinen brauchbares, namentlich in Baumwollenspinnereien, wobei häufig die Geschwindigkeit innerhalb gewisser Grenzen erhalten werden muſs, hat Uhlhorn[1] ein nicht minder brauchbares Instrument angegeben und zugleich die Geschwindigkeits-Scale für bestimmte Dimensionen theoretisch bestimmt. Hier wird folgende kurze Beschreibung genügen, da es ohnehin ungleich bequemer ist, die im einzelnen Falle angemessenste Geschwindigkeit empirisch zu ermitteln. Dasselbe besteht aus einem hinlänglich starken, an einem geeigneten Platze unbeweglich zu befestigenden Rahmen ABCD, zwischen dessen obern und untern Balken die Welle EF mit stählernen Spitzen in metallenen Pfannen um ihre verticale Axe leicht drehbar befestigt ist. Die Welle ist in der Mitte ihrer Länge so ausgeschnitten, wie die Figur zeigt, auch ist sie unterhalb dieses Einschnittes bis durch den untern Zapfen

Fig. 2.

1 Der neuerfundene Tachometer oder Geschwindigkeitsmesser. Frankf. a. M. 1817.

n ihrer Axe durchbohrt. Oberhalb des Einschnittes ist der eiserne Arm K befestigt, in dessen Charniere bei b der Winkelhebel a b c sich in verticaler Ebene drehn kann. Am untern Ende des Hebelarmes befindet sich eine eiserne Kugel c, am obern Ende hängt ein Draht, welcher in d mit einem Gelenke versehn ist[1], dann durch den untern Balken des Rahmens herabgeht und mit seinem untern Ende auf der Scale LM die Geschwindigkeiten in Zahlen zeigt, die UHLHORN für die von ihm gewählten Dimensionen berechnet hat und die man für abgeänderte Dimensionen gleichfalls berechnen oder empirisch aufsuchen müfste. Die Scale befindet sich auf einem mit zwei Zapfen n n' im untern Balken des Rahmens eingelassenen Bretchen. Wird dann die Welle des Apparates vermittelst einer um die Rolle GH geschlungenen Schnur umgedreht, welche letztere mit demjenigen Theile der Maschine in Verbindung ist, deren Geschwindigkeit man messen will, so entfernt sich durch die Schwungkraft die Kugel c von ihrem Widerlager v und kommt mit dem andern Ende des Winkelhebels in die Lagen g h oder d e, und das untere Ende des Drahtes f, welches beim Ruhen der Maschine auf 0 der Scale zeigt, geht bis zu den Geschwindigkeitszahlen 32, 52, 72 herab. Dem Ende des metallenen Armes b gegenüber ist ein mit seinem Ende p von der geometrischen Axe der Welle gleich weit abstehender metallener Arm befestigt, von welchem eine eiserne Stange p q von gleicher Länge mit b c und einer gleich schweren Kugel q herabgeht, die im Charniere p in verticaler Ebene gleichfalls beweglich ist, um beim Umschwingen der Kugel c das Gleichgewicht zu halten. Man übersieht bald, dafs dieser Apparat ganz dem bekannten Regulator nachgebildet ist, den die Engländer und nach ihnen alle übrigen Völker bei Dampfmaschinen und sonstigen mechanischen Vorrichtungen einführten und welchen man *Governor* nennt.

M.

---

1 Bei der praktischen Ausführung würde es vortheilhafter seyn, zwischen a und d einen dem Radius a b zugehörigen Gradbogen anzubringen, über welchem sich das aus einer Kette bestehende obere Ende des Drahtes anlegte.

Tag.

Dies; jour; *day*. *Tag*, im eigentlichen Sinne des Worts, ist die Zeit einer vollständigen Umdrehung der Erde um ihre Axe. In *Sternzeit* ausgedrückt wird demnach der Tag volle 24 Stunden dieser Sternzeit enthalten, daher auch die so bestimmte Zeit der *Sterntag* genannt wird. Da aber die Astronomen, aus guten Gründen, alles in mittlerer Zeit[1] auszudrücken pflegen, so entsteht zuerst die Frage, wie viel Stunden mittlerer Zeit dieser Sterntag enthält.

A. Sterntag und Sonnentag.

Das tropische Sonnenjahr hat der neuesten Bestimmung zufolge 365,242255 mittlere Tage. Ist also m die Bewegung der mittlern Sonne[2] während einer Stunde, d. h. während des 24sten Theils eines mittlern Tags, so hat man die Proportion

$$360^\circ : m^\circ = 365{,}242255 : \frac{1}{24}$$

oder es ist

$$m = \frac{15}{365{,}242255}$$

in Graden ausgedrückt, oder auch

$$m = \frac{1}{365{,}242255} = 0{,}0027379$$

in Stunden der mittlern Zeit ausgedrückt, immer 24 Stunden auf 360 Grade oder 1 Stunde auf 15 Grade gezählt. Diese letzte Bedeutung von m wollen wir im Folgenden beibehalten.

Ist für irgend einen Augenblick eines gegebenen Tags T die mittlere Zeit und t die diesem Augenblicke entsprechende Sternzeit, beide in Stunden und Theilen von Stunden ausgedrückt, und ist ferner S die Rectascension der mittlern Sonne für den mittlern Mittag dieses Tages, A aber die Rectascension dieser Sonne für den gegebenen Augenblick, so hat man

$$t = T + A$$

1 S. Art. *Sonnenzeit*. Bd. VIII. S. 901.

2 S. Art. *Mittlerer Planet*. Bd. VI. S. 2310.

und, da $A = S + mT$ ist,

$$t = S + T + mT \ldots (I)$$

und dieses ist die einfache Gleichung, aus welcher man für jeden Augenblick die Sternzeit t finden kann, wenn die mittlere Zeit T gegeben ist, und umgekehrt, wie wir auch schon oben[1] gefunden haben.

Aus derselben Gleichung (I) wird man auch das gesuchte Verhältniss des Sterntags und des mittlern Tags leicht ableiten. Ist nämlich für irgend einen Tag des Jahrs, im Augenblick des mittlern Mittags, die mittlere Sonne eben im Frühlingspuncte oder ist $S = 0$, so geht die vorhergehende Gleichung (I) in folgende über:

$$t = (1 + m)\, T \text{ oder } \frac{t}{T} = 1 + m$$

und in diesem letzten Ausdrucke bezeichnet also T den Bogen des Aequators, welchen die mittlere Sonne in derselben Zeit zurückgelegt hat, während welcher der Frühlingspunct den Bogen t zurücklegt.

Da nun bei einer im Kreise immer gleichförmigen Bewegung die in gleichen Zeiten zurückgelegten Bogen sich wie verkehrt die Umlaufszeiten verhalten, so hat man

$$\frac{\text{Mittl. Sonnentag}}{\text{Sterntag}} = \frac{t}{T} = 1 + m = 1{,}0027379 \ldots (II)$$

und diese Gleichung (II) giebt das gesuchte Verhältniss der beiden Tage.

Ist also der Sterntag die Einheit, so ist

$$\text{Sonnentag} = 1{,}0027379 \text{ eines Sterntags}$$

oder, wenn man durch 86400 multiplicirt,

$$\text{Sonnentag} = 86636'',55456$$
$$= 24^h\, 3'\, 56'',55456 \text{ Sternzeit.}$$

Ist aber der Sonnentag die Einheit, so ist

$$\text{Sterntag} = \frac{1}{1{,}0027379} \text{ eines Sonnentags}$$

oder, wenn man wieder durch 86400 multiplicirt,

$$\text{Sterntag} = 86164'',09133$$
$$= 23^h\, 56'\, 4'',09133 \text{ Sonnenzeit,}$$

---

[1] S. Art. Sternzeit. Bd. VIII. S. 1045.

übereinstimmend mit dem, was oben für Sternzeit gefunden wurde.

Multiplicirt man endlich die Gleichung (II) zu beiden Seiten durch 365,242255, so erhält man, da 365,242255 mittlere Tage gleich dem tropischen Jahre sind,

$$\text{tropisches Jahr} = 365{,}242255\,(1+m)\ \text{Sterntage}$$

oder, da

$$m = \frac{1}{365{,}242255}$$

ist,

$$\text{tropisches Jahr} = 366{,}242255\ \text{Sterntage},$$

d. h. das tropische Jahr enthält genau *einen Sterntag mehr* als dasselbe Jahr mittlere Sonnentage hat.

Der *Sterntag* ist daher die Zeit zwischen zwei nächsten Durchgängen irgend eines terrestrischen Meridians durch denselben Punct des Himmels, d. h., wie oben gesagt wurde, die Zeit der vollständigen Umdrehung der Erde um ihre Axe; der *mittlere Tag* ist die Zeit zwischen zwei nächsten Durchgängen eines terrestrischen Meridians durch den Mittelpunct der mittlern Sonne; der *wahre Tag* (oder der eigentliche Sonnentag) ist die Zeit zwischen zwei nächsten Durchgängen eines solchen Meridians durch den Mittelpunct der wahren Sonne.

Da die mittlere und wahre Sonne eine eigene Bewegung von West gen Ost hat und da sich die Erde in ihrer täglichen Rotation ebenfalls von West gen Ost bewegt, so muſs der mittlere und wahre Sonnentag gröſser seyn als der Sterntag. Wenn nämlich der terrestrische Meridian zum zweiten Male durch denselben Punct des Himmels geht, in welchem bei seinem ersten Durchgange auch die Sonne gewesen ist, so wird dieser Meridian sich noch um einen Winkel weiter gen Ost drehen müssen, um auch die Sonne zum zweiten Male zu erreichen, weil diese Sonne indeſs selbst gegen Ost vorgerückt ist. In der That folgt aus dem Vorhergehenden, daſs der Sonnentag $0^h\ 3'\ 56'',55456$ Sternzeit mehr hat als der Sterntag und daſs im Gegentheile der Sterntag $0^h\ 3'\ 55'',90867$ mittlere Zeit weniger hat als der mittlere Tag. Wenn man daher eine nach mittlerer Zeit richtig gehende Uhr zu seinen Beobachtungen gebraucht, so wird jeder Fixstern in jedem Tage

um 0^h^ 3' 55",90867 mittlere Zeit früher durch den Meridian gehn, als er am vorhergehenden Tage durchging, während er im Gegentheile immer um dieselbe Sternzeit alle Tage des Jahres durch den Meridian geht. Hierin liegt eine der Ursachen, warum die neuern Astronomen sich durchgehends der Sternuhren bedienen. Man nennt diese Zeit von 0^h^ 3' 55",90867 die *tägliche Acceleration der Fixsterne*, und wir haben, da sie von häufigem Gebrauche in der praktischen Astronomie ist, bereits oben[1] eine Tafel für diese Acceleration gegeben.

Was endlich den oben erwähnten *wahren Sonnentag* betrifft, so ist seine Länge veränderlich, weil die Bewegung der wahren Sonne selbst veränderlich ist[2].

Noch unterscheidet man in allen Sprachen die eigene Bedeutung des Wortes *Tag*, sofern es der *Nacht* gegenübersteht, wobei *Tag* die Zeit der Gegenwart der Sonne über dem Horizonte, also die Zeit bezeichnet, die von dem Aufgange der Sonne für einen bestimmten Ort der Erde bis zu ihrem Untergange vergeht. Schon MACROBIUS und mit ihm viele neuere Schriftsteller nannten diese Zeit der Gegenwart der Sonne den *natürlichen Tag* zum Unterschiede von der oben betrachteten Zeit der ganzen Rotation der Erde, welche der *künstliche Tag* hiefs. Andere aber, wie z. B. die französischen Encyklopädisten, haben diese zwei Worte in ganz entgegengesetzter Bedeutung genommen. Man mufs es sonderbar finden, dafs keine Sprache zwei so wesentlich verschiedene Begriffe auch durch zwei verschiedene Worte bezeichnet.

B. Eintheilung des Tags.

Die Eintheilung des Tags in 24 Stunden findet man schon im grauen Alterthume, bei den ältesten Juden, von denen wir noch schriftliche Nachrichten haben, und bei den Babyloniern, wie MACROBIUS erzählt. Dieser Schriftsteller des vierten Jahrhunderts sagt, dafs die Babylonier ihren Tag mit dem Aufgange der Sonne angefangen und dann bis zum nächsten Aufgange 24 gleiche Stunden gezählt haben. Die Juden, Griechen und Römer aber theilten den natürlichen Tag

---

1 S. Art. *Sternzeit*. Bd. VIII. S. 1048.
2 S. Art. *Sonnenzeit*. Bd. VIII. S. 913.

in 12 und die Nacht ebenso in 12 gleiche Theile. Alle diese Stunden waren daher in verschiedenen Jahreszeiten auch von verschiedener Länge, da die Tage selbst im Sommer und Winter verschiedene Länge haben.

Die Juden und die Römer unterschieden bei dem natürlichen Tage (der Zeit vom Auf- bis zum Untergange der Sonne) vorzüglich vier Epochen, die sie *Primas*, *Tertias*, *Sextas* und *Nonas* nannten. Die Prime fing mit Sonnenaufgang an, die Terz hatte drei Stunden später statt, die Sext fiel auf den Mittag und die None hatte um drei Uhr nach Mittag, d. h. um drei Uhr vor dem Untergange der Sonne statt. Das sogenannte Brevier der römischen Kirche behält diese Benennungen bis auf unsere Tage bei.

Während so die genannten Völker, die Indier und Perser und beinahe der ganze Orient den Tag mit Sonnenaufgang begannen, fingen ihn die Athenienser, die späteren Juden und selbst noch heutzutage die Italiener mit dem Untergange der Sonne an. Die Letztern beginnen ihren Tag eigentlich eine halbe oder dreiviertel Stunde nach Sonnenuntergang und zählen dann 24 Stunden bis zum nächsten Untergang fort. Auch jene Eintheilung des natürlichen Tags in 12 Stunden scheint sich im Mittelalter in Europa sehr verbreitet zu haben. Der Jesuit und Astronom Riccioli, der 1671 starb, will diese sonderbare und ungeschickte Eintheilung noch in Majorca und in Nürnberg gefunden haben.

Hipparch und Ptolemäus fangen ihre Tage zu 24 Stunden mit der Mitternacht an, in Uebereinstimmung mit dem jetzt in ganz Europa eingeführten bürgerlichen Gebrauche, daher auch diese Stunden, zum Unterschiede von den früher erwähnten, *europäische Stunden* genannt werden. Die heutigen Astronomen fangen ihre Tage von Mittag an und zählen bis zu dem nächsten Mittag 24 gleiche Stunden. Die Franzosen zur Zeit ihrer Revolution wollten sich dem erwähnten bürgerlichen Gebrauche fügen, allein die Astronomen der andern Länder blieben bei ihrer Sitte stehn, und nun rechnet die *Connaissance des temps* die Tage selbst wieder vom Mittag. Diese doppelte Art zu zählen hat schon zu manchen Irrungen, z. B. bei der Angabe der Finsternisse und anderer Erscheinungen, in unsern Kalendern Veranlassung gegeben. Folgende kleine Tafel giebt das Verhältniſs zwischen der astronomischen

gott, den Mars der alten Deutschen, bezeichnet, da dieser Gott im Angelsächsischen *Thas* hiefs, daher auch derselbe Tag im Oberdeutschen bei dem gemeinen Volke noch jetzt *Erichstag* oder *Ertag* heifst, weil da der Kriegsgott *Erich* genannt wurde. Ebenso ist der *Donnerstag* (englisch *Thursday*) der Tag des Donnergottes *Thur*, des nordischen Jupiters, *Freytag* (engl. *Friday*) soll seine Benennung von *Freya*, der nordischen Venus, erhalten haben. Die übrigen Benennungen der Wochentage, Sonntag, Montag, Mittwoch und Samstag oder Sonnabend, sind für sich klar. Das Wort *Woche* selbst aber soll aus dem gothischem *Wik* entstanden seyn, das bei *Ulfilas* Ordnung oder regelmäfsiger Wechsel bedeutet.

Diese *Woche* von sieben Tagen findet sich schon in dem grauesten Alterthume. Durch alle Verheerungen, welche Elementarereignisse, weitverbreitete Krankheiten, Völkerwanderungen, Kreuzzüge und Kriege aller Art unter den Nationen der Vor- und Mitwelt verbreitet haben, selbst durch die Unordnungen, welche die Zeitrechnungen der ältern Völkerschaften unseres Erdbodens erlitten haben, windet sich die *Woche*, diese heilige, unantastbare Periode von sieben Tagen, in ununterbrochener Folge, gleich einem diamantenen Bande, durch die ganze Geschichte der Menschheit. Die Juden feierten in ihren ersten Zeiten schon jeden siebenten Tag, welcher dem Herrn und der Ruhe geweiht war, und ihnen gingen wahrscheinlich schon die ältesten uns bekannten Völker des Orients voraus[1]. Noch Garcilaso de Vega trafen die Eroberer von Südamerica diese Periode auch bei den Peruanern im allgemeinen Gebrauche. Ohne Zweifel haben die Phasen des Monds dazu die erste Veranlassung gegeben, da sie sehr nahe alle 4mal 7 oder alle 28 Tage sich erneuern. (Die synodische Revolution des Monds[2] beträgt eigentlich 29,53058 Tage.)

D. Schalttage.

Im Artikel *Jahr* S. 668 wurde bereits nach Ideler ein Grund angegeben, warum der Schalttag unseres Kalenders auf den 24sten Februar folgt, der aber nicht ganz deutlich ist,

1 Mém. de l'Académie des Inscript. T. IV. p. 65.
2 S. Art. Mond. Bd. VI. S. 2346.

daher wir hier darüber noch Nachfolgendes bemerken. Schon der römische König NUMA führte bekanntlich 700 Jahre vor Chr. G. eine wesentliche Verbesserung des zu seiner Zeit noch sehr unvollkommenen römischen Kalenders ein. Zu den zehn vor ihm gebräuchlichen Monaten von 30 oder 31 Tagen fügte er noch zwei Monate hinzu, den *Januar*, den er zu Anfang, und den *Februar*, den er zu Ende seines neuen Jahres stellte. Im Jahre 450 vor Chr. G. versetzten die Decemviri diesen Monat Februar und stellten ihn unmittelbar nach dem Januar, um dadurch ihre Amtszeit zu verlängern. Dadurch wird die Stelle OVID's [1] erklärt:

Qui sequitur Fanum, veteris fuit ultimus anni;
Tu quoque sacrorum, Termine, finis eras.

Dieselben Verse zeigen aber zugleich, warum der Schalttag nicht am Ende des Februars, sondern auf den 24sten dieses Monats verlegt worden ist. Am 23sten Februar nämlich oder, wie dieser Tag im römischen Kalender hiefs, am VIIten *Calendas Martii* wurde das Fest des Grenzgottes *Terminus* gefeiert, und da der Februar früher der letzte Monat des *Jahrs* und dieses Fest das letzte Fest des Jahrs war, so wurde der Schalttag auf den 24sten Februar oder auf den Tag verlegt, der unmittelbar hinter den letzten Festtag des Jahres fiel. Nach JULIUS CAESAR, der diese Veränderung des Kalenders im J. 45 vor Chr. G. einführte, war der 24ste Februar oder der sogenannte VI. Calendas Martii, der dem Andenken der Vertreibung des Königs TARQUINIUS gewidmet war, in den Schaltjahren zum 25sten Februar geworden, und dann wurde der neue 24ste, oder der eigentliche Schalttag, der *bis sextus Calendas Martii* genannt, und daher kommt die Benennung des *Annus bissextilis* für das Schaltjahr. Demnach hat dieser 24ste Februar schon ein nahe zweitausendjähriges Recht auf den Schalttag, daher er auch vom letzten Kalenderreformator, GREGOR XIII., als der Schalttag beibehalten worden ist, wie denn auch die Bulle, wodurch derselbe seinen reformirten Kalender einführte, vom 24sten Februar 1582 datirt ist.

---

1 Fastorum L. II. v. 49.

E. Beständigkeit der Erdaxe.

Unsere ganze Astronomie beruht auf zwei Voraussetzungen: I. dafs die Rotationsaxe der Erde stets durch dieselben Puncte der Erdoberfläche geht und II. dafs die Rotation der Erde um diese Axe gleichförmig und für alle Zeiten von derselben Dauer ist. Diese Dauer oder die Länge des Tags ist nämlich in letzter Instanz das Etalon aller unserer Zeitmessungen, und es ist daher von der gröfsten Wichtigkeit für den rechnenden sowohl, als auch für den beobachtenden Astronomen, dieses Etalon und alle die Veränderungen, denen es vielleicht unterworfen seyn kann, genau zu kennen. Die Axe der Erde bewegt sich vermöge der Präcession[1] um die hier als ruhend vorausgesetzte Axe der Ekliptik und überdiefs noch um diese ihre mittlere Lage vermöge der Nutation[2]. Bei dieser doppelten Bewegung dieser Axe wäre es daher nicht unerwartet, sie auch noch in Beziehung auf die Oberfläche der Erde selbst beweglich zu finden. Allein seit der Zeit, als man das Fernrohr bei den astronomischen Instrumenten gehörig anzubringen gelernt hat, d. h. seit der Zeit, als man die Polhöhen (oder die geographischen Breiten) der Beobachtungsorte auf der Erde mit gröfserer Genauigkeit zu bestimmen im Stande war, hat man für jeden dieser Orte die Entfernung des Pols des Aequators vom Zenithe des Beobachters immer constant und unveränderlich gefunden. Wenigstens sind die Aenderungen, die man bei den verschiedenen Sternwarten Europa's in ihren Polhöhen bemerkt hat, nicht gröfser als die Fehler, die man mit den nach und nach verbesserten Instrumenten, aller Wahrscheinlichkeit nach, begehn konnte. Es scheint daher aufser Zweifel zu seyn, dafs diese Axe immer sehr nahe durch dieselben Puncte der Oberfläche der Erde gegangen ist und dafs die Voraussetzung einer vollkommenen Unveränderlichkeit der Lage dieser Axe als erlaubt angesehn werden kann.

Man hat aber auch diese Unveränderlichkeit der Erdaxe auf theoretischem Wege zu beweisen gesucht. Da die Dichte des Meeres nur nahe den fünften Theil der mittleren Dichte der Erde beträgt, so wird dieses Meer, obschon es den gröfs-

1 S. Art. *Vorrücken der Nachtgleichen.*
2 S. Art. *Nutation.* Bd. VII. S. 269.

ten Theil der Erdoberfläche bei verhältnifsmäfsig sehr geringer Tiefe bedeckt, nur einen geringen Einflufs haben auf diejenige Gestalt der Erde, die man aus den Meridianmessungen, aus den Pendelbeobachtungen und aus den zwei bekannten Störungsgleichungen des Monds in Länge und Breite gefunden hat. Nach LAPLACE[1] folgt aus beiden großen Meridianmessungen, die man in Frankreich und am Aequator angestellt hat, die Abplattung

$$\frac{a-b}{b}=\frac{1}{308}$$

und aus den erwähnten beiden Störungen des Monds, zu deren Bestimmung BOUVARD, BÜRG und BURCKHARDT mehrere Tausende von Mondbeobachtungen berechnet haben, erhält man

$$\frac{a-b}{b}=\frac{1}{306},$$

wo a und b die halbe große und kleine Axe des Erdsphäroids bezeichnen.

Was die erwähnte geringe Tiefe des Oceans betrifft, so suchte sich LAPLACE davon auf folgende Art zu überzeugen. Wenn man sich die Erde ganz ohne Meer als einen festen Körper vorstellt und dann annimmt, dafs die ganze Oberfläche derselben flüssig wird und zugleich im Gleichgewichte bleibt, so erhält man, durch Anwendung der Rechnung auf diese Voraussetzungen, die Abplattung der Erde durch das bekannte *Theorem* CLAIRAUT's[2] gleich $\frac{1}{310}$, also sehr nahe wie-

1 Mécanique céleste. T. V.

2 CLAIRAUT hat in seinem berühmten Werke: Théorie de la figure de la terre. Paris 1743. folgende Gleichung aufgestellt:

$$\delta = \tfrac{5}{2}\,\Theta - 2\omega,$$

wo δ die Abplattung des Erdsphäroids, Θ das Verhältnifs der Centrifugalkraft zur Schwere am Aequator und 2ω den Unterschied der Schwere am Pol und am Aequator, die erste als Einheit angenommen, bezeichnet.

Diese Gleichung hängt auf eine merkwürdige Art mit dem allgemeinen Ausdruck der *Länge des Secundenpendels* zusammen. Nimmt man nämlich wieder die Erde ringsum als von einem im Gleichgewichte stehenden Ocean bedeckt an, so hat LAPLACE in seiner Méc. céleste gezeigt, dafs dann für jeden Ort der Oberfläche der Erde die Veränderung der Länge des Secundenpendels dem Cosinus der dop-



der denselben Werth. Dieser geringe Unterschied der so auf theoretischem Wege gefundenen *Abplattung* von jener, die durch Meridianmessungen, durch Pendellängen und durch Mondbeobachtungen bestimmt worden ist, zeigt, dafs die Gestalt unserer Erde nahe diejenige ist, die einer ebenso grofsen Masse, aber ringsum von einer Flüssigkeit bedeckt, entspricht, deren Theile alle unter einander im Gleichgewichte sind. Daraus,

---

pelten Polhöhe dieses Orts proportionirt ist. Ist daher λ die Länge des Secundenpendels für die Breite φ und l diese Länge für die Breite von 45 Graden, so hat man

$$\lambda = l.(1 - A \, Cos. 2\varphi),$$

wo A eine constante Gröfse bezeichnet. Um diese Gröfse A zu bestimmen, hat man für den Aequator, wo $\varphi = 0$ ist,

$$\lambda' = l(1 - A)$$

und für den Pol, wo $\varphi = 90°$ ist,

$$\lambda'' = l(1 + A).$$

Eliminirt man aus den beiden letzten Gleichungen die Gröfse l, so erhält man

$$A = \frac{\lambda'' - \lambda'}{\lambda'' + \lambda'}$$

oder nahe, da λ'' von λ' nur wenig verschieden ist,

$$A = \frac{\lambda'' - \lambda'}{2\lambda''}.$$

Da aber überhaupt die Länge des Secundenpendels für jeden Ort der Erde der Schwere in diesem Orte proportional ist, so ist 2A der Unterschied der Schweren am Pol und am Aequator, die erste als Einheit genommen, das heifst, die Gröfse A ist mit der vorhergehenden ω identisch. Wir haben demnach für den allgemeinen Ausdruck des Secundenpendels

$$\lambda = l(1 - \omega \, Cos. 2\varphi).$$

Nun ist die Verminderung der Schwere am Aequator der Erde, die durch die Rotationderselben entsteht, oder es ist $\Theta = \frac{1}{289}$ (s. Art. *Centralbewegung* Bd. II. S. 64, wenn man in der dort angeführten Gleichung

$$\Theta = \frac{2\pi^2 r}{g T^2},$$

die Gröfse $g = 4,90448$ Meter, $T = 86164,09$ für den Sterntag und $2\pi r = 40$ Millionen Meter für den Umkreis der Erde setzt). Nimmt man endlich die Abplattung der Erde in runder Zahl $\delta = \frac{1}{300}$, so findet man durch Clairaut's Gleichung

$$\omega = \tfrac{5}{4} r - \tfrac{1}{2}\delta = 0,00266,$$

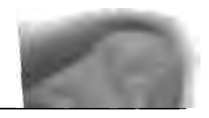
also auch für den allgemeinen Ausdruck der Pendellänge

$$\lambda = l(1 - 0,00266 \, Cos. 2\varphi),$$

sehr nahe mit demjenigen übereinstimmend, den Poisson Traité de Mécanique Vol. I. p. 367. Zweite Aufl. gegeben hat.

so wie auch aus der grofsen Menge des Festlands und der Inseln, die das Meer trocken gelegt hat, folgt mit hoher Wahrscheinlichkeit, dafs die Tiefe dieses Meeres nicht sehr grofs seyn kann und dafs diese mittlere Tiefe des Weltmeers nahe gleich der mittlern Höhe des Continents mit seinen Bergen über dem Spiegel des Meers ist, d. h. dafs sie nahe 3600 Par. Fufs betragen mag. Diese Tiefe ist aber nur der 20ste Theil des Unterschieds der beiden Halbaxen der Erde, welcher letztere über 61000 Par. Fufs oder nahe $2\frac{1}{16}$ geogr. Meilen beträgt. Allerdings können sich auf dem Boden des Meers ebenso viele und ebenso tiefe Höhlen befinden, als das Festland nebst den zahlreichen Inseln der Erde hohe Berge auf seinem Rücken enthält. Aber auch diese Höhlen können in Beziehung auf die gegenwärtige Untersuchung keinen wesentlichen Unterschied begründen, um so weniger, als sie durch die Ablagerung der Flüsse und durch die Ueberreste der Seethiere, welche die Strömungen in diese Höhlen zusammentreiben, allmälig mehr und mehr wieder ausgefüllt werden müssen.

Dieses Resultat einer gegen den Halbmesser der Erde nur äufserst geringen Tiefe des Oceans ist für die Naturgeschichte und besonders für die Geologie von der gröfsten Wichtigkeit. Die Oberfläche unserer Erde und die obersten Schichten, die wir von ihrer Bedeckung kennen gelernt haben, zeigen uns zahlreiche Spuren von Ueberschwemmungen, die in der Vorzeit das Festland getroffen haben müssen. Wahrscheinlich sind in den Zeiten, von welchen der Anfang unsrer Menschengeschichte noch weit entfernt ist, sehr grofse Strecken der Erde durch gewaltsame Schwankungen des Weltmeers abwechselnd überschwemmt und wieder trocken gelegt worden. Durch ein solches Sinken oder Zurücktreten des Meeres mufsten aber stets um so gröfsere Strecken des Continents trocken gelegt werden, je geringer die Tiefe des Meeres ist, und da in der That so ein grofser Theil der Erde trocken geworden ist, so konnte jene Tiefe des Meeres zu allen Zeiten auch nur gering gewesen seyn und so konnten also auch diese Schwankungen des Meeres, so verderblich sie auch für die Pflanzen- und Thierwelt der Vorzeit seyn mochten, für die eigentliche Gestalt der Erde im Grofsen nur unbedeutend seyn. Demnach müssen auch alle Hypothesen der Geologen, die eine grofse und gewaltsame Versetzung der Pole auf der Erde voraussetzen,



als unverträglich mit dem bisher Gesagten angesehn werden. Durch eine solche Hypothese hat man z. B. die Elephantenreste erklären wollen, die, ganz mit Eis umzogen, an den Gestaden des Eismeers in Sibirien gefunden worden sind. Diese Thiere, sagte man, die nur in warmen Klimaten wohnten, können dort nicht gelebt haben, wenn nicht auch jene Gegenden den heissen Zonen angehört, d. h. wenn nicht die Pole der Erde zu jener Zeit ganz andern Puncten ihrer Oberfläche, als in unsern Tagen, entsprochen haben. Allein es ist jetzt allgemein bekannt, daſs die borstenartige und dichte Wolle, mit welcher die Haut des Mammut bedeckt war, eine von den Elephanten verschiedene Thierart bezeichnet, die eben wegen dieser dichten Decke in jenen auch damals schon kalten Gegenden sehr wohl wohnen konnte.

Welches ist aber die Kraft, welche den Schichten unserer Erde ihre sphäroidische Gestalt und die Zunahme ihrer Dichtigkeit mit ihrem Fortschreiten gegen den Mittelpunct der Erde gegeben hat? Welches ist die Kraft, die diese Schichten so regelmäſsig um ihren Kern, um ihren gemeinschaftlichen Mittelpunct, gelagert und die der Oberfläche dieser Erde genau diejenige Form gegeben hat, die sie, wenn sie bei ihrer ersten Entstehung flüssig und im Gleichgewichte gewesen wäre, hätte annehmen müssen?

Wenn die verschiedenen Substanzen, aus welchen die Erde besteht, im Anfange durch die Wirkung einer sehr groſsen Hitze im flüssigen Zustande waren, so muſsten die dichteren Theile dieser Masse gegen den Mittelpunct der Erde sich ansammeln und das Ganze muſste den Grundsätzen der Dynamik gemäſs eine elliptische Gestalt annehmen, wenn die Oberfläche desselben im Gleichgewicht bleiben sollte. Aber selbst wenn die ganze Masse der Erde im chemischen Sinne des Worts homogen oder bloſs aus einer einzigen Substanz geformt wäre, so würde doch das Resultat dasselbe seyn. Denn auch dann würde das grosse Gewicht der obern Schichten die Dichtigkeit der untern durch ihren gewaltigen Druck vergröſsert haben und das Gleichgewicht würde auch hier nur bei der elliptischen Gestalt der ganzen Masse möglich gewesen seyn. Die Geometer, welche sich bisher mit der analytischen Untersuchung dieses schwierigen Gegenstandes beschäftigt haben, Clairaut, d'Alembert, Maclaurin, Lagrange, Legendre und Laplace, haben

auf diese Compressibilität der Massen keine Rücksicht genommen, so sehr auch schon Daniel Bernoulli in seiner berühmten Preisschrift von der Ebbe und Fluth des Meeres darauf aufmerksam zu machen gesucht hat. Erst Laplace ist im fünften Bande seiner Mechanik des Himmels wieder auf die umständliche Discussion dieses Gegenstandes zurückgekommen[1], aber er mufste dabei von einer Hypothese ausgehn, deren Wahrheit noch nicht durch Beobachtungen bestätigt werden konnte. Bei allen gasförmigen Körpern verhält sich nämlich, nach einem bereits vollkommen constatirten und allgemein bekannten Gesetze, die Dichtigkeit wie ihre Compression, so lange die Temperatur sich nicht ändert. Bezeichnet daher p den Druck und δ die Dichte eines luftförmigen Körpers, so hat man die Gleichung

$$\frac{\partial p}{\partial \delta} = C,$$

wo C eine constante Gröfse bezeichnet. Allein dieses einfache Gesetz scheint bei den flüssigen (tropfbaren) und bei den festen Körpern nicht mehr statt zu haben. Es ist am natürlichsten, anzunehmen, dafs diese beiden Körperarten der Compression um so mehr widerstehn, je gröfser der auf ihnen lastende Druck ist. Dieses scheint auch den bisher angestellten Erfahrungen gemäfs zu seyn. Man wird also hier die Gleichung

$$\frac{\partial p}{\partial \delta} = C.\delta^m$$

annehmen müssen, wo m irgend eine positive Zahl, die gröfser als die Einheit ist, bezeichnet. Laplace nahm, da wir doch über den eigentlichen Werth dieses Exponenten m noch ungewifs sind, einstweilen $m = 1$ an, weil dadurch die bisherigen Experimente über die Compressibilität der tropfbaren und der festen Körper mit hinlänglicher Genauigkeit dargestellt werden und weil endlich auch diese Annahme die hieher gehörenden Berechnungen ungemein erleichtert.

Um aber nach dieser kleinen Digression wieder zu den theoretischen Beweisen, die man für die Unveränderlichkeit der Lage der Weltaxe gefunden hat, zurückzugehn, so ist aus der Dynamik bekannt[2], dafs jeder feste Körper drei sogenannte

1 Mécanique céleste. Liv. XI.

2 S. Art. *Axendrehung*. Bd. I. S. 665.



Hauptaxen hat, die auf einander senkrecht stehn und um die sich der Körper frei und gleichförmig drehn kann. Es entsteht nun die Frage, ob diese merkwürdige Eigenschaft auch der Erde zukommen kann, da diese in ihrer Oberfläche zum grössten Theile mit einer Flüssigkeit, mit dem Meere, bedeckt ist? Für diesen Fall verbinden sich die Bedingungen der Hauptaxen mit denen des Gleichgewichts einer flüssigen Masse, und wenn die Lage jener Axen geändert wird, so wird auch die ganze Gestalt der Erde eine Aenderung erleiden. Es wäre aber möglich, dass unter allen Aenderungen auch eine solche wäre, für welche die Rotationsaxe sowohl, als auch das Gleichgewicht des Meeres unveränderlich bliebe. LAPLACE[1] hat durch seine Analyse gefunden, dass ein solcher Fall in der That besteht und dass dazu bloss erfordert wird, dass die fixe, freie Rotationsaxe der Erde sehr nahe durch den Schwerpunct des Erdsphäroids gehe. Die Irregularität des Meeresbodens, seiner Tiefe und seiner Begrenzung an den Ufern lässt zwar hier keine strenge Rechnung zu, aber es genügt, die blosse Möglichkeit eines solchen Falles gezeigt zu haben. LAPLACE zeigt an dem angeführten Orte durch die Kraft seiner Analyse, dass eine solche durch den gemeinschaftlichen Schwerpunct der festen Erde und des Meeres gehende freie Rotationsaxe immer möglich ist, und er giebt ebendaselbst die Gleichungen, welche die Lage dieser Axe bestimmen. Demnach macht der die Erde grossentheils bedeckende Ocean die Existenz einer in ihrer Lage unveränderlichen Rotationsaxe dieser Erde nicht nur nicht unmöglich, sondern derselbe Ocean wird überdiess, durch die grosse Beweglichkeit seiner Theile und durch den Widerstand, den die Schwankungen dieser grossen flüssigen Masse erleiden, derselben Axe auch dann noch ihre feste Lage sichern können, wenn äussere Einwirkungen, z. B. der Vorübergang eines Kometen in einer grossen Nähe, dieses Gleichgewicht zu stören suchen sollten.

Wenn aber auch das Meer mit seinen immerwährenden Fluctuationen die Lage der Rotationsaxe der Erde, weit entfernt, sie zu stören, vielmehr vor allen äussern Störungen zu sichern scheint, wie verhält es sich mit dem Einflusse, welchen die Explosionen der Vulcane, welchen unsere Erdbeben, bestän-

1 Mécanique céleste. Liv. XI. p. 67.

dige Winde, grofse Meeresströmungen u. s. w. auf die Lage jener Axe ausüben können? Auch dieses hat LAPLACE schon in dem fünften Theile seiner Mechanik des Himmels untersucht. Durch Anwendung des bekannten Princips der Mechanik von der Erhaltung der Flächen fand er, dafs der Einflufs aller dieser Störungen auf die Lage der Erdaxe sowohl, als auch auf die Dauer des Tages ganz unmerklich ist. Nur wenn durch Zusammenwirkung der erwähnten Ursachen sehr beträchtliche Erdmassen auf bedeutende Entfernungen verrückt, wenn z. B. ganze Gebirge mehrere Meilen auf der Oberfläche der Erde versetzt werden könnten, dann erst würde eine Besorgnifs jener Art statt finden können. Allein von solchen Ereignissen haben wir, so weit unsere Geschichte zurück reicht, keine Spuren aufzuweisen. Alles vereinigt sich daher, die *Lage der* Rotationsaxe der Erde, in Beziehung auf ihre Oberfläche, als constant und für alle Zeiten unveränderlich anzunehmen.

Zur bessern Einsicht dieses wichtigen Gegenstandes überblicken wir noch einmal im Zusammenhange die *verschiedenen* Verhältnisse, in welchen sich diese Rotationsaxe der Erde in Beziehung auf die Erde selbst und auf den sie *umgebenden* Himmel befindet. Wenn diese Erde eine homogene oder auch nur eine aus sehr dünnen concentrischen Schichten bestehende Kugel ist, deren Elemente alle sich unter einander im verkehrten Quadrate ihrer gegenseitigen Entfernungen anziehn und zugleich in demselben Verhältnisse von anderen, ruhenden oder bewegten äufsern Körpern angezogen werden, so wird die Resultante aller dieser Kräfte immer dieselbe seyn, als wenn die Masse dieser ganzen Erde in ihrem Mittelpuncte vereinigt wäre, weil nämlich für diesen Fall jede dieser Kräfte gleich und entgegengesetzt der Reaction der Kugel auf denjenigen Punct seyn wird, von welchem diese Kraft kommt. Dann wird also dieser Schwerpunct der Erde wie ein freistehender, isolirter Punct, der gegebenen Anziehungen und Abstofsungen unterworfen ist, sich bewegen und die Rotation der Erde wird von allen diesen Kräften unabhängig und dieselbe seyn, als wenn der Schwerpunct der Erde in Ruhe bliebe, so dafs also für den genannten Fall die zwei Bewegungen der Erde, die der Translation um die Sonne und die der Rotation um ihre eigene Axe, von einander ganz *unabhängig* seyn würden.



Wenn man also von der Abplattung der Erde oder der erwähnten concentrischen Schichten derselben abstrahirt, d. h. wenn man die Erde als eine vollkommene Kugel annimmt, deren Dichte entweder constant oder nach einem gewissen Gesetze mit der Entfernung ihrer Elemente vom Mittelpuncte veränderlich ist, so wird sie sich immer gleichförmig und mit derselben Geschwindigkeit um einen ihrer Durchmesser drehn, welcher Durchmesser immer derselbe bleibt, und zu gleicher Zeit wird die elliptische Bewegung ihres Schwerpuncts um die Sonne zwar noch durch die andern Planeten gestört werden, aber doch von der Bewegung ihrer Rotation gänzlich unabhängig seyn. Nicht so bei der an ihren Polen abgeplatteten Erde, wenn sie die Gestalt eines Körpers hat, welcher durch die Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe entstanden ist. Denn wenn im Anfange der Bewegung der Erde ihre Rotationsaxe mit jener kleinen Axe der Ellipse nicht ganz genau zusammengefallen ist, so wird diese Rotationsaxe um jene elliptische Axe in Schwankungen gerathen und eben deshalb der Oberfläche der Erde bald in diesen, bald in jenen Puncten begegnen. Dann würden also die zwei Pole des Aequators auf der Oberfläche der Erde hin und wieder gehn und die geographischen Breiten (Polhöhen) der verschiedenen Orte dieser Oberflächen würden immerwährenden Veränderungen unterworfen seyn. Die *Gröfse* (*Amplitude*) dieser Schwankungen der Pole würden willkürlich seyn, die *Dauer* derselben aber würde von den Differenzen abhängen, welche die Momente der Trägheit der Erde unter sich haben [1]. Nach diesen bei unserer Erde statt habenden Momenten würde die erwähnte Dauer jener Oscillationen der Pole nahe ein Jahr betragen oder die periodischen Schwankungen der Polhöhen würden nahe mit jedem Jahre wiederkehren und ihre Anomalieen würden in jedem Monate dieselben seyn. Allein die schärfsten astronomischen Beobachtungen der neuesten Zeit haben uns keine solchen Aenderungen der Polhöhen bemerken lassen. Man mufs daher schliefsen, dafs diese Schwankungen, wenn sie je in der Vorzeit existirt haben, ursprünglich sehr klein gewesen und mit der Zeit ganz unmerklich geworden seyn müssen. Es bleiben demnach jetzt nur noch jene stetig fortwirkenden äufsern

1 Vergl. *Moment.* Bd. VI. S. 2382.

Kräfte übrig, die von der Attraction der Sonne, des Mondes und der Planeten auf das Sphäroid der Erde wirken, und diese allein werden die *Richtung der Erdaxe*, nicht in Beziehung auf die Oberfläche der Erde, wohl aber in Beziehung auf die fixen Gestirne des Himmels noch einer Aenderung unterwerfen können. In der That enthalten diese Anziehungen einen, obschon in Beziehung auf die Anziehung dieser Körper, die sie gegen die *ganze* Erde ausüben, sehr geringen Theil, dessen mittlere Richtung nicht durch den Schwerpunct der abgeplatteten Erde geht, und dieser Theil ist es, der jene Veränderungen der Lage der Erdaxe hervorbringt, die unter der Benennung der *Präcession der Nachtgleichen* und der *Nutation* bekannt sind[1].

F. Beständigkeit des Tages.

In der erwähnten Abhandlung von Poisson findet man auch die theoretischen, aus der analytischen Mechanik hervorgehenden Gründe für die Unveränderlichkeit des *Sterntags*, woraus dann sofort folgt, daſs auch der *mittlere Sonnentag* unveränderlich oder doch nur ganz unmerkbaren seculären Variationen unterworfen ist. Allein ohne uns hier in die Tiefen jener complicirten Berechnungen einzulassen, werden wir uns auf einem anderen, einfacheren Wege von dieser wichtigen Wahrheit, worauf unsere ganze Astronomie als auf einer Basis ruht, mit nicht minderer Schärfe zu überzeugen suchen.

Wenn man zwei nächstfolgende Durchgänge eines Fixsterns durch den Meridian beobachtet und wenn die bei diesen Beobachtungen gebrauchte Uhr, für die Zwischenzeit dieser beiden Durchgänge, genau 24 Stunden giebt, so sagt man, diese Uhr sey nach Sternzeit regulirt. Wenn dann diese Uhr längere Zeit hindurch ihren Gang genau beibehielte, so dürfte man nur von Zeit zu Zeit wieder zwei nächste Durchgänge eines Sterns an dieser Uhr beobachten, und wenn bei diesen

---

1 Am besten und umständlichsten findet man die wichtige Theorie von der Bewegung der Erdaxe entwickelt in einem sehr schönen Aufsatze von Poisson, sur le mouvement de la terre autour de son centre de gravité, in dem VIIten Theile der Mémoires de l'Acad. des Sciences de Paris.

spätern Beobachtungen die Zwischenzeit immer wieder genau 24 Stunden beträgt, so würde man daraus schliefsen, dafs der Sterntag, wenigstens für die alle diese Beobachtungen umfassende Periode, constant oder von gleicher Länge gewesen sey. Dieselben Beobachtungen kann man nach mehrern Jahren wiederholen, und wenn man auf diese Weise durch eine sehr lange Zeit immer dasselbe Resultat gefunden hat, so wird man daraus den Schlufs ziehn, dafs der Sterntag für alle Zeiten constant ist; ein Schlufs durch Induction, der desto sicherer seyn wird, je gröfser und genauer die Anzahl der ihm zu Grunde liegenden Beobachtungen ist und je weiter sie von einander in der Zeit entfernt sind. Allein wie soll man sich von dem unveränderten Gange einer solchen Uhr überzeugt halten? Wir haben zwar in der neueren beobachtenden Astronomie an dem Mittagsfernrohre [1] ein Mittel, den Gang einer solchen Uhr von Tag zu Tag mit der gröfsten Genauigkeit zu erforschen, allein dieses Mittel besteht eben nur in der Beobachtung jener Durchgänge der Sterne durch den Meridian und setzt daher das, was wir hier beweisen wollen, die Beständigkeit des Tages schon voraus. Wenn wir z. B. finden, dafs eine solche Uhr für die nächste Zwischenzeit zweier Sterndurchgänge heute eine Secunde mehr gegeben hätte als gestern, so schliefsen wir daraus nicht, dafs der heutige Tag eine Secunde länger ist, sondern nur dafs unsere Uhr heute um eine Secunde mehr zeigt, als sie zeigen sollte, oder dafs der Fehler der Uhr, nicht des Tags, während des Verlaufs eines Tages eine Secunde beträgt, wobei wir, wie gesagt, stillschweigend annehmen, dafs die Länge des Tags für gestern und heute und für alle Zeiten immer dieselbe ist. Wenn die alten Griechen oder Chaldäer die Länge des Tages kennen lernen wollten, so mufsten sie, da es keinen andern Weg zu diesem Ziele giebt, nahe auf dieselbe Weise verfahren, nur mit dem Unterschiede, dafs die Resultate ihrer Beobachtungen viel weniger genau seyn mufsten, als bei den neuern Astronomen, da sie weder Fernröhre noch gute Uhren hatten, die doch zu dieser Absicht unentbehrlich sind. Wenn sie aber auch das Fernrohr gekannt, wenn sie eine solche genaue Uhr besessen hätten und, um das Mafs dieser Voraussetzungen voll

1 S. Art. *Passagen-Instrument.* Bd. VII. S. 296.

zu machen, wenn eine solche Uhr bis zu uns gekommen wäre, was würde uns das alles nützen? Wenn eine solche z. B. im Schutte von Pompeji ausgegrabene Uhr mit den glaubwürdigsten Zeugnissen versehn wäre, daſs sie zur Zeit des Kaisers Augustus von einem astronomischen Collegium geprüft und daſs ihr täglicher Gang mit dem Sterntage von jener Zeit ganz übereinstimmend gefunden worden wäre, was würde uns das helfen, selbst wenn wir diese Uhr nach ihrem langen Schlafe vom achtzehnten Jahrhunderte wieder aufwecken und in Gang bringen könnten? Höchst wahrscheinlich würde sie mit unserem Sterntage nicht mehr genau übereinstimmen. Aber ihre Abweichung, wie klein oder wie groſs sie auch seyn mag, welcher Ursache soll man sie zuschreiben? Einer wirklichen Aenderung des Sterntages in dieser langen Periode, oder vielmehr einer durch die Länge dieser Zeit erfolgten Abnutzung ihrer Theile? Das Letzte ist offenbar das Wahrscheinlichste, und da wir uns davon auf keine Weise befreien können, so bleiben wir auch, unseres anscheinend so glücklichen Fundes ungeachtet, über das, was wir eigentlich suchten, in tiefem Dunkel.

Allein die Astronomen haben ein ganz anderes Mittel gefunden, durch welches sie die wahre Länge des Tags, wie sie vor zwei vollen Jahrtausenden bestand, bestimmen und zwar mit viel gröſserer Schärfe bestimmen konnten, als es je durch jene alten Maschinen möglich gewesen wäre. Der Mond bewegt sich bekanntlich mit sehr merkbarer Geschwindigkeit unter den fixen Gestirnen des Himmels von West gen Ost. Zwar ist seine Geschwindigkeit sehr ungleich, aber wenn man ihn längere Zeit hindurch aufmerksam beobachtet, so findet man, daſs er im Mittel aus allen diesen Beobachtungen während eines mittleren Tages sich um 13,17634 Grade in Länge gegen Ost bewege, woraus folgt, daſs er in

$$\frac{360}{13{,}17634} = 27{,}3217 \text{ Tagen}$$

seinen ganzen Umlauf um die Erde in Beziehung auf irgend einen Fixstern zurücklegt, d. h. daſs seine siderische Umlaufszeit gleich

$27^{\text{Tage}}\ 7^{\text{St.}}\ 43^{\text{Min.}}\ 14{,}9^{\text{Sec.}}$

mittlerer Zeit ist. Aus dieser *siderischen Umlaufszeit* des Monds läſst sich nun auch leicht die Umlaufszeit dieses Ge-



sterne in Beziehung auf die Sonne finden, welche letztere sich bekanntlich ebenfalls von West gen Ost, und zwar in einem mittlern Tage sehr nahe um 0,98559 Grade, bewegt. Denn ist nämlich die mittlere tägliche Bewegung des Monds in Beziehung auf die Sonne gleich der Differenz der beiden Zahlen 0,98559 und 13,17634 oder gleich 12,19075 Graden, so dafs man daher für die Umlaufszeit des Monds in Beziehung auf die Sonne oder für die sogenannte *synodische Revolution* des Monds erhält

$$\frac{360}{12,19075} = 29,5305887$$

oder $29^T\ 12^h\ 44'\ 2'',86$ mittlerer Zeit. Ja diese letzte Umlaufszeit ist sogar noch viel leichter und ohne alle astronomische Messungen zu finden, als die oben erwähnte siderische Revolution. Da nämlich im Augenblicke der Mitte einer Sonnenfinsternifs der Mittelpunct des Mondes sehr nahe unmittelbar vor dem Mittelpuncte der Sonne steht, so wird man nur die beobachtete Zwischenzeit zweier solcher Finsternisse durch 2, 3, 4.. dividiren, je nachdem in dieser Zwischenzeit 2, 3, 4.. Umläufe des Monds statt hatten, um sofort die gesuchte synodische Revolution des Monds zu finden. Je gröfser diese Zwischenzeit ist, desto genauer wird auch diese Bestimmung der Revolution seyn, da sowohl die Fehler, die man in der unmittelbaren Beobachtung der Finsternifs begeht, als auch die, welche von der verschiedenen Geschwindigkeit des Monds kommen, durch 2, 3, 4.., das heifst durch immer gröfsere Zahlen dividirt, also auch immer kleiner werden, je gröfser jene Zwischenzeit ist. Nach den neuesten und genauesten Beobachtungen hat man für die synodische Revolution des Monds gefunden[1]:

$$29,^T 530588716 = 29^T\ 12^h\ 44'\ 2'',8650624.$$

Ganz auf dieselbe Weise, nämlich durch die Beobachtung weit von einander entfernter Sonnenfinsternisse, haben auch die Alten den Umlauf des Mondes zu bestimmen gesucht, und HIPPARCH, der gröfste Astronom des Alterthums, der nahe 150 Jahre vor Chr. Geb. lebte, hat daraus die synodische Revolution des Monds für seine Zeit gleich $29^T\ 12^h\ 44'\ 3'',26224$,

---

1 LA PLACE Exposition du Système du Monde. Vte Aufl. T. I. p. 41.

also nur 0",3971776 oder noch nicht einmal $\frac{1}{10}$ Zeitsecund
größer gefunden, als wir für unsere Tage gefunden habe
Man findet diese Bestimmung in dem berühmtesten astronom
schen Werke der Vorzeit, in der *Μεγάλη σύνταξις* oder de
sogenannten *Almagest* des Ptolemäus, der 130 Jahre na
Chr. G. in Alexandrien lebte, im IIten Capitel des IVten B
ches dieses Werkes.

Diese zwei gegen volle zwanzig Jahrhunderte von ei
ander entfernten Bestimmungen stimmen demnach vollkomm
unter einander überein, d. h. die Revolution des Monds i
noch heutzutage dieselbe, die sie vor zwei Jahrtausenden g
wesen ist. Der griechische Astronom bestimmte nämlich z
erst durch directe Beobachtungen die Länge seines Tags, w
denn überhaupt in dieser Bestimmung die erste und wichti
ste Beschäftigung eines jeden Astronomen enthalten ist; u
wenn er einmal die Länge seines Tags genau kannte, so be
stimmte er dann, auf die angeführte Art, durch Beobachtun
der Finsternisse, die Anzahl dieser Tage, die auf einen syn
odischen Umlauf gehn. Ganz ebenso verfahren aber auch al
neuere Astronomen und beide in der Zeit so entfernte Beob
achter gelangen zu demselben Resultate. Nun könnte es al
lerdings seyn, dafs, dieser Uebereinstimmung in den Resultate
ungeachtet, doch die Umlaufszeit des Monds an sich verän
derlich wäre, dafs sie z. B. mit der Zeit immer kürzer[1] würd
allein dann müfste auch der Tag mit der Zeit immer läng
und zwar genau in demjenigen Verhältnifs länger werden, we
ches erfordert wird, damit jene beiden Resultate, aus zwei s

---

[1] In der That wird auch, die Sache in aller Schärfe genomme
diese Umlaufszeit wegen der sogenannten secularen Acceleration de
Monds schon seit mehreren Jahrtausenden immer etwas weniges kur
zer. Allein diese Verkürzung ist als eine für sich bestehende St
rung des Mondlaufes zu betrachten, die von der Aenderung der Ex
centricität der Erdbahn abhängt, welche letzte ebenfalls im Abnehme
begriffen ist. Allein in der Folge der Zeiten wird diese Excentricit
wieder zunehmen and mit ihr auch die Umlaufszeit des Monds, un
diese beiden Anomalieen sind daher nicht als eine mit der Zeit imme
fortgehende Störung, sondern nur als solche zu betrachten, d
periodisch auf und nieder gehn und für bestimmte Epochen gänz
lich verschwinden, daher sie mit unseren oben betrachteten Er
scheinungen nichts gemeinschaftlich haben. (S. d. Art. *Mond.* Bd. V
S. 2363.)

entfernten Epochen geschlossen, einander genau gleich bleiben könnten. Ein solches zufälliges Zusammentreffen der Abnahme der Umlaufszeit des Monds um die Erde und der Zunahme der Umlaufszeit der Erde um sich selbst ist aber schon an sich äufserst unwahrscheinlich, und wird es noch viel mehr, wenn man weifs, dafs derselbe Hipparch auch die Umlaufszeiten der Planeten ganz ebenso mit denen der neuern Astronomen übereinstimmend gefunden hat, wie die des Monds, so dafs demnach die Umlaufszeiten aller Planeten, jede für sich genommen, genau um ebenso viel kürzer geworden seyn müfsten, als bei unsern immer länger werdenden Tagen erforderlich wäre, um für diese an sich veränderlichen Umlaufszeiten doch immer dieselbe Anzahl unserer ebenfalls veränderlichen Tage zu finden. Dazu kommt noch, dafs, wie unter den Astronomen aus theoretischen Gründen allgemein bekannt ist, die Umlaufszeiten aller Monde um ihre Hauptplaneten, so wie die aller Planeten um die Sonne, für alle Zeiten unveränderlich und immer genau von derselben Dauer sind.

Noch könnte man glauben, dafs irgend ein zufälliger Irrthum in der Beobachtung oder in der Berechnung, wenn nicht der neuen, so doch vielleicht der alten Astronomen jene sonderbare Uebereinstimmung hätte erzeugen können. Allein auch dieser Ausweg zeigt sich verschlossen, wenn man die Sache näher betrachtet. Ptolemäus erwähnt in seinem bereits angeführten Werke mehrere sehr alte Beobachtungen von Finsternissen, die er von den Chaldäern erhalten zu haben vorgiebt. Die eine dieser Sonnenfinsternisse wurde im J. 382 und die andere sogar im J. 720 vor Chr. G. beobachtet. Diese Beobachtungen kannte Hipparch, der grofse Lehrer des Ptolemäus, ohne Zweifel auch und er hat vielleicht dieselben Finsternisse zu seiner Bestimmung des Mondumlaufs gebraucht, da man, wie wir bald näher sehn werden, diesen Umlauf immer desto genauer erhält, je weiter die dazu gebrauchten Beobachtungen in der Zeit von einander entfernt sind. Die neuern Astronomen haben deswegen auch ihre eigenen Beobachtungen mit jenen der Chaldäer, als mit den ältesten, die sie auffinden konnten, verglichen; allein sie haben auch diese ihre eignen Beobachtungen mit denen, die Ptolemäus 130 Jahre nach Chr. G. anstellte, ferner mit denen des Arabers Albategnius 880 Jahre und mit denen des Tycho Brahe

1600 Jahre nach Chr. G. verglichen und aus allen diesen Vergleichungen immer dasselbe Resultat, immer dieselbe Umlaufszeit des Monds gefunden. Es ist daher keinem weitern Zweifel unterworfen, daſs die Länge des Tags seit den ältesten auf uns gekommenen Zeiten, d. h. seit vollen 25 Jahrhunderten, auch nicht der kleinsten uns merkbaren Veränderung ausgesetzt gewesen ist. Um die Sicherheit, mit der man zu diesem wichtigen Resultate auf dem erwähnten Wege gelangt besser beurtheilen zu können, wollen wir die astronomischen Tafeln der Sonne, des Monds und der übrigen Planeten näher betrachten, die alle die Länge des mittleren Tags als für alle Zeiten unveränderlich voraussetzen. Wenn nun dieser Tag in der That nicht unveränderlich wäre, so würden die Längen und Breiten jener Himmelskörper, wie man sie aus diesen Tafeln berechnet, nicht mehr mit denjenigen Längen und Breiten übereinstimmen, die man durch die unmittelbaren Beobachtungen erhält, und wenn diese Veränderung des Tags progressiv wäre (d. h. wenn sie mit der Zeit immer in demselben Sinne wüchse oder abnähme), so würde die Differenz zwischen der Rechnung nach den Tafeln und den Beobachtungen offenbar desto gröſser seyn müssen, je älter diese Beobachtungen, je weiter sie von unserer Zeit entfernt sind. Zu diesen Untersuchungen wird vorzüglich unser Mond sehr geeignet seyn, da er so schnell um die Erde, nahe 13mal schneller, als die Erde um die Sonne, sich bewegt.

Seyen also l und l′ die wahre Länge des Monds und der Sonne für irgend eine bestimmte Epoche, z. B. für eine von den alten Griechen beobachtete Finsterniſs, deren Andenken uns Ptolemäus erhalten hat. Aus unsern Sonnen- und Mondtafeln wird man für die angesetzte Zeit der Mitte der Finsterniſs die Werthe von l und l′ finden, und es ist klar, daſs diese Tafeln, wenn sie nicht gar zu fehlerhaft sind, diese Differenz der beiden Längen oder daſs sie die Gröſse l — l′ nur wenig verschieden von 0° oder von 180° geben müssen. Diese Gröſse l — l′ wird nämlich nahe gleich Null seyn müssen für alle Sonnenfinsternisse und nahe gleich 180° für alle Mondfinsternisse. Nun hat man aber bereits 27 solche alte Finsternisse berechnet, die von den Chaldäern, Griechen und Arabern beobachtet worden sind, und für alle nur sehr geringe Fehler gefunden, die sich aus der unvollkommenen Beobachtungs-

rt der Alten sehr leicht erklären lassen. Die allerälteste dieser Sonnenfinsternisse, welche die Chaldäer im J. 720 beobachtet haben, giebt sogar für 1 — l', offenbar nur durch einen glücklichen Zufall, den äufserst nahen Werth von 2', statt dafs eigentlich 1 — l' = 0 seyn sollte. Diese Uebereinstimmung von 27 so alten Finsternissen ist ohne Zweifel ein schöner Beweis, dafs die Voraussetzung, auf welche alle unsere Tafeln gebaut sind, nämlich die Voraussetzung der Unveränderlichkeit des Tags, der Wahrheit vollkommen gemäfs ist.

Um dieses noch mehr ins Licht zu setzen, wollen wir annehmen, dafs seit der Epoche jener ältesten Finsternifs, von der noch eine zuverlässige Nachricht auf uns gekommen ist, oder dafs seit nahe 2500 Jahren jeder einzelne Tag um den αten Theil desselben kürzer geworden ist, als der vorhergehende, oder vielmehr dafs die constante Verkürzung eines jeden dieser Tage den αten Theil unseres gegenwärtigen letzten Tages dieser Periode betragen habe. Sey n die mittlere Bewegung des Monds während eines mittleren Tags oder der Bogen, welchen der Mond in einem mittleren Tage am Himmel zurücklegt. Nimmt man den mittleren Tag, wie er jetzt statt hat, für die Einheit der Zeit an, so hat man für die in diesem und in den ihm nach der Reihe vorhergehenden Tagen von dem Monde zurückgelegten Bogen die Ausdrücke

$$n;\ n(1+\alpha);\ n(1+2\alpha);\ n(1+3\alpha);\ n(1+4\alpha)\ldots$$

so dafs also auch der Bogen des entferntesten oder letzten Tags gleich

$$n(1+(t-1)\alpha)$$

seyn wird, wenn t die Anzahl der Tage der ganzen Periode bezeichnet. Diese Gröfsen bilden eine arithmetische Reihe der ersten Ordnung, in welcher das erste Glied $A = n$ und das letzte $U = n + n(t-1)\alpha$, für welche also auch die Summe aller dieser Glieder, deren Anzahl t ist, gleich

$$(A+U)\frac{t}{2} \text{ oder gleich } [2n + n(t-1)\alpha]\frac{t}{2}$$

oder gleich

$$nt + \tfrac{1}{2}n\alpha t(t-1)$$

seyn wird, wofür man, da t eine sehr grofse Zahl ist, ohne merklichen Fehler schreiben kann

$$nt + \tfrac{1}{2}n\alpha t^2,$$

und dieses ist daher der ganze Weg, den der Mond in diesen langen Periode von t Tagen am Himmel zurückgelegt hat. Der erste Theil nt dieses Ausdrucks ist schon in dem Werthe der obenerwähnten Mondlänge l begriffen, den man nach den Mondtafeln unter der Voraussetzung berechnet hat, daß der Tag von beständiger Länge sey. Der andere Theil $\frac{1}{2}n\alpha t^2$ aber gehört offenbar der hypothetischen Abnahme α des Tages an oder dieser Bogen $\frac{1}{2}n\alpha t^2$ ist es, um den man die tabellarische Länge l des Mondes vergrößern müßte, wenn jeder Tag dieser Periode um seinen αten Theil abnähme. Ganz ebenso würde man auch, wenn n' die mittlere tägliche Bewegung der Sonne bezeichnet, die tabellarische Länge l' der Sonne, die gleich n't ist, um die Größe $\frac{1}{2}n'\alpha t^2$ vergrößern müssen, so daß man also, bloß wegen dieser Verkürzung des Tages, für eine t Tage vor unserer Zeit beobachtete Sonnenfinsterniß die tabellarische Differenz l — l' dieser beiden Gestirne um die Größe

$$\delta = \tfrac{1}{2}\alpha(n - n')t^2 \ldots (a)$$

vergrößern müßte, um diese Differenz in der That sehr nahe auf Null zu bringen, wie sie bei Sonnenfinsternissen seyn muß. Sehn wir nun zu, ob sich diese Correction δ auch in der That mit jenen alten Beobachtungen verträgt.

In der Connaissance des Tems f. d. J. 1800 sind jene alten Beobachtungen mit unsern Sonnen- und Mondtafeln, die den Tag als constant voraussetzen, verglichen worden, und man fand für alle dort discutirten Sonnenfinsternisse die Größe l — l' meistens nur einige Minuten betragend, was man den unvollkommenen Beobachtungen der Alten zugeschrieben hat, so daß man also daraus auf die Güte unserer Tafeln und zugleich auf die Richtigkeit der vorausgesetzten Beständigkeit des Tags mit gutem Grunde den Schluß zu ziehn sich berechtigt glaubte. Vielleicht lassen sich aber diese noch übrigen, wenn gleich schon sehr kleinen Fehler durch die Annahme eines veränderlichen Tages noch weiter vermindern oder wohl gar ganz auf Null herabbringen? Um dieß zu untersuchen, wollen wir annehmen, daß der heutige Tag um seinen hunderttausendmillionsten Theil kleiner sey als der gestrige, und daß so jeder Tag des ganzen Zeitraums um denselben Theil oder um den

$$\alpha = 0{,}00000000001\text{sten}$$

Theil des heutigen Tages kleiner sey, als der ihm vorhergehende Tag. Diese Abnahme der Tage beträgt daher (wie man durch die Multiplication mit 86400 findet) nur den 1,000000864ten Theil einer Zeitsecunde oder, in runder Zahl, nahe den millionsten Theil einer Zeitsecunde. Nach dem bereits oben Gesagten hat man für die mittlere tägliche Bewegung

des Monds . . $n = 13°,1763$,

der Sonne . . $n' = 0°,9856$,

Differenz $n - n' = 12°,1907$.

Geht man nun von dem Jahre 1800 nach Chr. G. bis zu dem Jahre 700 vor dieser Epoche zurück, um welche letzte Zeit jene älteste Finsternifs statt hatte, so enthält unsere Periode 2500 Jahre oder, jedes Jahr zu $365\frac{1}{4}$ Tagen genommen, $2500(365,25) = 913125$ Tage. Dieses giebt

$$t = 913125 \text{ und } m = \tfrac{1}{2}(n - n').t^2 = 5082290000000,$$

so dafs daher die obige Gleichung (a) in folgende einfache übergeht:

$$\delta = \alpha.m \quad . \; . \; . \; (b)$$

Substituirt man in ihr den oben angenommenen Werth von $\alpha = 0,00000000001$, so erhält man

$$\delta = 50°,82.$$

Weit gefehlt also, dafs wir uns durch diese Annahme einer täglichen Verkürzung des Tags von einer Milliontel Secunde der gesuchten Wahrheit nähern, so entfernen wir uns vielmehr von ihr auf eine Weise, die durchaus nicht zugelassen werden kann. Wir sollten nämlich, um jenen vielleicht noch übrigen Fehler unserer Tafeln zu vermindern oder ganz zu entfernen, den Werth von δ höchstens gleich einigen Minuten finden, während er hier über 50 Grade gefunden wird. Und doch, scheint es, haben wir diese Veränderung jedes Tages zu einem Milliontel einer Secunde klein genug angenommen, indem dadurch selbst der Unterschied der zwei äufsersten Tage unserer Periode nur auf αt oder auf 0,000009 eines Tags, d. h., nahe auf 0,8 einer Zeitsecunde gebracht wird.

Hätte man α zehnmal gröfser, also

$$\alpha = 0,0000000001 \text{ Tag}$$

oder nahe gleich $\frac{1}{100000}$ Secunde angenommen, so würde man für den Unterschied der beiden äufsersten Tage

$$\alpha t = 0{,}000913 \text{ Tage}$$

oder nahe 78,9 Secunden und für δ den Werth

$$\delta = \alpha m = 508^\circ{,}228$$
$$\underline{\quad 360 \quad}$$
$$148{,}228$$

gefunden haben, oder man würde, abgesehn davon, dafs man eine ganze synodische Revolution des Monds übersehn hätte, den bisherigen Fehler der Tafeln von einigen Minuten, den man verkleinern wollte, auf den enormen Werth von 148° vergröfsert haben. Bei Fehlern solcher Art aber bliebe nichts anderes übrig, als entweder unsere Sonnen- und Mondtafeln für ganz unbrauchbar zu erklären, oder jene Nachrichten von den alten Finsternissen als blofse Erdichtungen zu verwerfen.

Nähme man endlich die Abnahme eines jeden Tags hundertmal kleiner, als in dem ersten Beispiele, oder gleich dem hundertmillionsten Theil einer Zeitsecunde, so ist

$$\alpha = 0{,}00000000000001,$$

und da m den vorigen Werth behält, so ist nach der Gleichung (b)

$$\delta = \alpha m = 0^\circ{,}5082285,$$

oder nahe $\delta = 30\frac{1}{2}$ Minuten. Also selbst dann, wenn jeder einzelne Tag sich nur um seinen zehnbillionsten Theil änderte, oder wenn der erste jener Tage unserer Periode von dem letzten nur um $\alpha t = 0{,}000000091$ Tage (d. h. nur um 0,008 einer Zeitsecunde) verschieden wäre, oder mit andern Worten, selbst dann, wenn sich die Länge unsers Tages seit vollen 25 Jahrhunderten nur um $\frac{1}{100}$ Secunde geändert hätte, so würde doch dadurch der Fehler unserer Tafeln, der bisher nur einige Bogensecunden betrug, auf volle 30 Minuten vergröfsert werden und weit entfernt, jenem Fehler abzuhelfen, würden wir durch diese Hypothese nur das Uebel ärger gemacht haben. Wir können daher daraus mit Recht den Schlufs ziehen, dafs die Länge des Tags, wie er vor 2500 Jahren war, von der Länge unseres gegenwärtigen Tages noch nicht um den hundertsten Theil einer Secunde verschieden seyn kann. Dafs übrigens in der hier gebrauchten tabellarischen Länge l des Monds die seculäre Ungleichheit seiner mittleren Bewegung schon inbegriffen ist, bedarf keiner Erläuterung.

Ueberhaupt, wenn die Länge des Tages irgend einer Variation unterworfen wäre, sie mag nun periodisch oder mit der Zeit immer fortgehend seyn, so würden daraus Störungen oder Illusionen in unserer Zeitmessung entstehn, die in der Bewegung der Gestirne scheinbare Ungleichheiten erzeugen müfsten. Diese Ungleichheiten würde man aber ohne Mühe schon längst bemerkt haben, weil sie für alle Gestirne, für die Sonne, den Mond und für jeden Planeten ganz dieselben seyn, ganz denselben Gesetzen folgen würden, und weil die Gröſsen dieser scheinbaren Ungleichheiten für jeden dieser Himmelskörper der Geschwindigkeit seiner Bewegung proportional seyn würden. So würde z. B. die Umlaufszeit Mercurs, die jetzt nur 88 Tage beträgt, nach der Bestimmung der Griechen und nach der der neuern Astronomen viel weniger verschieden seyn, als die des Saturn, dessen Revolution 10759 Tage beträgt, also 122mal gröfser ist, als jene, wenn unsere Tage von jenen der Griechen in ihrer Länge verschieden wären. Allein die Alten haben uns von den Revolutionen der Planeten schon so genaue Angaben hinterlassen, dafs wir an ihnen, unserer so viel schärferen Beobachtungen ungeachtet, nur sehr wenig zu ändern gefunden haben. Wir haben bereits oben gesehn, dafs Ptolemäus die synodische Revolution des Monds gleich 29T 12h 44′ 3″,26224, nur $\frac{4}{10}$ einer Zeitsecunde gröfser gefunden hat, als die neueren Astronomen. Es giebt aber keine Erscheinung des Himmels, die man mit gröfserer Genauigkeit bestimmen könnte, als eben diese Revolutionen der Planeten, wenn man nur solche Beobachtungen hat, die weit genug in der Zeit von einander entfernt sind, und dieses ist eben die Ursache, warum die Griechen die Revolutionen der Planeten, von welchen ihnen solche alte Beobachtungen von den Chaldäern gegeben wurden, in allen den Fällen mit so groſser Schärfe bestimmen konnten, wo nicht, wie bei Jupiter und Saturn, ihnen unbekannte Ungleichheiten von sehr langen Perioden hindernd entgegen traten. Um den hohen Grad der Genauigkeit, welche solche Beobachtungen in ihrem Resultate, in der daraus zu schlieſsenden Umlaufszeit der Planeten gewähren, besser einzusehn, wollen wir annehmen, dafs man zu Anfang und zu Ende einer Periode von t Tagen die Längen L und l eines dieser Planeten beobachtet habe, so wird die Zeit, in welcher der Planet volle 360 Grade in Beziehung

auf den Frühlingspunct zurücklegt, d. h. so wird die gesuchte Revolution T dieses Planeten durch die folgende Gleichung ausgedrückt werden.

$$T = \frac{360 t}{l' - l}.$$

Wenn aber auch die beiden Längen l' und l, oder vielmehr wenn auch die Differenz l' — l dieser beiden Längen noch beträchtlichen Fehlern unterworfen wäre, wie dieses wenigstens bei sehr alten Beobachtungen ohne Zweifel der Fall ist, so wird doch der vorhergehende Werth von T der Wahrheit noch immer nahe genug seyn, wenn nur die Differenz l' — l sehr grofs ist, wie dieses bei sehr alten Beobachtungen, mit denen unserer Tage verglichen, immer der Fall seyn mufs. In der That, differentiirt man die vorhergehende Gleichung in Beziehung auf l, l' und T, so findet man

$$\partial T = \frac{(\partial l - \partial l') . T^2}{360 t},$$

so dafs also der Fehler ∂T des gesuchten Resultats desto geringer seyn wird, je gröfser die Zwischenzeit t der beiden Beobachtungen ist, den Fehler $\partial l - \partial l'$ dieser Beobachtungen in allen Fällen gleich gesetzt. Hätte man z. B. zu Hipparch's Zeit (150 Jahre vor Chr. G.) und im Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts die Längen l' und l des Mondes beobachtet, so ist die Zwischenzeit 150 + 1800 oder 1950 Jahre, jedes zu 365¼ Tagen gezählt, oder es ist

$$t = 712237{,}5 \text{ Tage.}$$

Die siderische Umlaufszeit des Mondes aber, die man hier nur beinahe zu kennen braucht, ist T = 27,322 Tage, so dafs man daher für die vorhergehende Gleichung den Ausdruck erhält

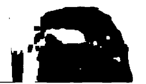
$$\partial T = \frac{(\partial l - \partial l')(27{,}322)^2}{360\,(712237{,}5)}$$

oder

$$\partial T = 0{,}00000\,29114\,(\partial l - \partial l'),$$

wo $(\partial l - \partial l')$ in Graden und ∂T in Tagen und Theilen eines Tags ausgedrückt ist. Will man aber zur bequemeren Uebersicht $(\partial l - \partial l')$ in Bogensecunden und ∂T in Zeitsecunden ausdrücken, so hat man

$$\frac{\partial T}{24 \cdot (60)^2} = \frac{0{,}00000\,29114\,(\partial l - \partial l')}{60^2},$$



das heißt

$$\partial T = 0{,}00000\,98780\,(\partial l - \partial l').$$

Die letzte Gleichung zeigt, daſs ein Fehler in $(\partial l - \partial l')$ von 1 Sec.; von 1 Min.; von 1 Grad im Bogen in dem Resultate T respective erst einen Fehler ∂T von 0,00007; von 0,0042; von 0,251 Zeitsecunden erzeugt, daſs man also auch, um die Revolution T um eine Zeitsecunde zu groſs oder zu klein zu finden, in der Längendifferenz $l - l'$ einen Fehler von 14400 Raumsecunden oder von vollen vier Graden begangen haben müſste, was durchaus weit auſserhalb der Grenze aller Wahrscheinlichkeit liegt.

G. Veränderlichkeit des natürlichen Tags.

Wir haben bereits oben (A) durch den Ausdruck *natürlicher Tag* die Zeit der Gegenwart der Sonne über einem gegebenen Puncte der Oberfläche der Erde oder die Zeit vom Aufgange der Sonne bis zu ihrem Untergange bezeichnet. Während nun der eigentliche Tag oder die Rotationszeit der Erde um ihre Axe (nach F) seit den ältesten Zeiten auch nicht der kleinsten uns merkbaren Veränderung unterworfen war, ist die Länge des natürlichen Tages für jeden gegebenen Ort der Erde, wie allgemein bekannt, sehr verschieden und es ist interessant, diese Länge für jeden gegebenen Ort und für jede Jahreszeit zu bestimmen. Diese Veränderlichkeit des natürlichen Tags hat ihren Grund in der *Schiefe der Ekliptik*[1]. Wäre diese Schiefe gleich Null oder fiele die Ekliptik mit dem Aequator zusammen, so würden alle natürliche Tage der Erde für jeden Ort der Oberfläche derselben und für jede Jahreszeit gleich groſs, nämlich gleich 12 Stunden seyn oder Tag und Nacht würden immer und überall von gleicher Länge seyn. Man wird aber die Länge des natürlichen Tags für jeden Ort der Erde nach den Formeln bestimmen, die anderwärts mitgetheilt worden sind[2], daher wir uns hier nicht weiter bei dieser Bestimmung aufhalten und nur eine allgemeine Uebersicht derselben mittelst einer Tafel geben wollen, aus der man auch ohne weitere trigonometrische Berechnung die Länge

[1] S. Art. *Ekliptik*. Bd. III. S. 163.
[2] S. Art. *Aufgang*. Bd. I. S. 516. Vergl. *Tagbogen*.

des Tages für jeden Ort der Oberfläche der Erde und für jeden gegebenen Monatstag finden kann. Diese Tafel ist dem Schlusse dieses Artikels angehängt. Sie giebt die Hälfte des natürlichen Tags für alle Polhöhen von 38 bis 66 und für alle Poldistanzen der Sonne von 66 bis 114 Grade, das heißt für alle Polhöhen Europa's und für alle Tage des Jahres. Sucht man z. B. die Länge des Tags am 13ten Mai 1838 für Constantinopel, so ist die Polhöhe dieser Stadt 41° und die nördliche Declination der Sonne für diesen Tag 9°, also auch die Poldistanz der Sonne 81°. Mit diesen zwei Zahlen 41° und 81° giebt die Tafel

halbe Tagslänge = 6 h 34½ Min.

und dieses ist zugleich die wahre Zeit des Untergangs der Sonne für diesen Tag in Constantinopel. Die Zeit des Aufgangs aber ist 12h — (6h 34½ Min.) = 5h 25½ Min., und die ganze Tagslänge ist 13h 9′, also auch die Länge der Nacht 10h 51′.

Dieselbe Tafel läßt sich auch für den Mond, für Planeten und für alle die Fixsterne brauchen, deren Poldistanzen zwischen 66 und 114 Graden enthalten sind. Dann giebt nämlich diese Tafel die halbe Dauer derjenigen Zeit, welche dieses Gestirn über dem Horizonte zubringt, oder sie giebt die Zeit von der Culmination des Gestirns bis zu seinem Untergange. Kennt man daher die Zeit dieser Culmination, so wird man nur von dieser Zeit der Culmination die Zahl der Tafel subtrahiren oder dazu addiren, um sofort auch die Zeit des Auf- und Untergangs des Gestirns zu erhalten. Sucht man z. B. den Auf- und Untergang des Sirius in Wien am 10. Mai 1838, so findet man für dieses Gestirn die Rectascension oder die Sternzeit der Culmination gleich 6h 37′, und daraus folgt[1] die mittlere Zeit der Culmination dieses Sterns gleich 3h 27′. Die Poldistanz des Sirius aber ist 106° 30′ und die Polhöhe Wiens 48° 12′, und mit diesen zwei Zahlen giebt die Tafel

halber Tag	= 4h 43′			
Zeit der Culmination	= 3 27			
Aufgang mittl. Zeit . .	22h 44′	oder	10h 44′	Vormittags
Untergang	8 10	oder	8h 10′	Nachmittags.

Für Petersburg, dessen Polhöhe nahe 60° ist, giebt dieselbe Tafel

1 Vergl. Sternzeit, Bd. VIII. S. 1030.

halber Tag = 3^h 56′

Zeit der Culmination 3 27

Aufgang . . . . 23 31 oder 11^h 31′ Morgens

Untergang . . . . . . 7 23 oder 7 23 Abends.

Bemerken wir noch, dafs in den Zahlen dieser Tafel auf die Refraction keine Rücksicht genommen ist. Es ward aber bereits oben[1] gezeigt, wie man die Wirkung der Refraction und der Parallaxe auf den Auf- und Untergang der Gestirne zu berücksichtigen hat. Einfacher und für solche Bestimmungen, wo selbst dem Astronomen an einigen Secunden nur wenig gelegen seyn wird, genau genug kann man auf folgende Weise verfahren. Ist φ die Polhöhe des Orts, p und s die Poldistanz und der halbe Tagbogen des Gestirns, ohne Rücksicht auf Refraction, so wie s′ der halbe durch Refraction und Parallaxe corrigirte Tagbogen, so hat man, wenn Δ gleich der Refraction weniger der Parallaxe am Horizonte ist, folgende zwei Gleichungen

$$0 = \text{Cos. s Sin. p Cos. } \varphi + \text{Cos. p Sin. } \varphi$$

und

$$-\text{Sin. } \Delta = \text{Cos. s}' \text{ Sin. p Cos. } \varphi + \text{Cos. p Sin. } \varphi.$$

Beider Gleichungen Differenz giebt

$$2 \text{ Sin. } \frac{s'-s}{2} \text{ Sin. } \frac{s'+s}{2} = \frac{\text{Sin. } \Delta}{\text{Sin. p Cos. } \varphi}.$$

Dieser Ausdruck ist noch völlig genau. Setzt man aber abkürzend Δ statt Sin. Δ und $\frac{s'-s}{2}$ statt Sin. $\frac{s'-s}{2}$, so wie Sin. s statt Sin. $\frac{s'+s}{2}$, so erhält man

$$s' = s + \frac{\Delta}{15 \text{ Sin. p Cos. } \varphi \text{ Sin. s}} \quad . . (A)$$

und aus dieser Gleichung (A) wird man den gesuchten verbesserten Werth s′ erhalten, wenn man den unverbesserten s durch die einfache Gleichung

$$\text{Cos. s} = -\text{Tang. } \varphi \text{ Cotg. p} \quad . . (B)$$

berechnet hat.

---

1 S. Art. *Stundenkreis*. Bd. VIII. S. 1327.)

Ist z. B. $p = 50''$ und für Wien $\varphi = 48^\circ\ 12'$, so giebt die Gleichung (B) den uncorrigirten halben Tagbogen

$$s = 159^\circ\ 41' = 10^h\ 38'\ 44''.$$

Ist nun die Differenz der horizontalen Refraction und Parallaxe $\Delta = 33$ Minuten, so erhält man sofort aus der Gleichung (B)

$$s' - s = 12',41 \text{ Zeitminuten},$$

also ist auch der corrigirte Werth von s, oder

$$s' = 10^h\ 38'\ 44'' + 12'\ 25'' = 10^h\ 51'\ 9''.$$

Sehr genau erhält man diese, so wie alle andere Angaben aus dem Encke'schen Berliner Jahrbuch, aber nur für diese Stadt oder vielmehr für ihre Polhöhe von $52^\circ\ 31'\ 40''$. Um aus diesen Ephemeriden auch den Auf- und Untergang der Sonne für andere Breitengrade zu erhalten, kann man sich einer solchen Tafel bedienen, wie Schumacher in seinem Jahrbuche[1] gegeben hat. Auf diese Verschiedenheit des natürlichen Tags für verschiedene Puncte der Oberfläche der Erde gründen sich die sogenannten

H. Klimate der Alten.

An dem Aequator sind alle natürliche Tage durch das ganze Jahr gleich 12 wahren Sonnenstunden, so dafs daselbst Tag und Nacht immer von derselben Gröfse sind. In der Entfernung von nahe 8,5 Graden zu beiden Seiten des Aequators ist der *längste* Tag des Jahres bereits um eine halbe Stunde gröfser oder er ist gleich $12^h\ 30'$. Die Zone der Erde, die zwischen dem Aequator und demjenigen Parallelkreise, dessen längster Tag $12^h\ 30'$ ist, eingeschlossen wird, nannten die alten Griechen das erste Klima, und ebenso wurde die Zone zwischen den beiden Parallelkreisen, deren längster Tag $12^h\ 30'$ und $13^h\ 0'$ ist, das zweite, die zwischen $13^h\ 0'$ und $13^h\ 30'$ das dritte Klima u. s. w. genannt. Strabo zählte acht solcher Klimate, indem er glaubte, dafs über die Breite von 52° hinaus die Erde wegen der grofsen Kälte schon ganz unbewohnbar seyn müsse. Ptolemäus aber nimmt schon dreizehn solcher Klimate bis zu der Breite von 60° an.

---

1 Jahrbuch für 1836 u. s. w. Stuttg. 1836. S. 180.

Um diese Klimate näher zu bestimmen, hatten wir oben
ir die halbe Tageslänge s den Ausdruck erhalten

$$\text{Cos.}\, s = -\text{Tang.}\, \varphi\ \text{Cotg.}\, p.$$

us dieser Gleichung folgt, daſs s am gröſsten wird, wenn p
m kleinsten ist, und umgekehrt. Bezeichnet man aber durch
die Schiefe der Ekliptik, so ist der kleinste Werth von p
leich 90° — e und der gröſste gleich 90° + e, so daſs man
aher für den gröſsten und kleinsten Werth von s erhält

für den gröſsten $\text{Cos.}\, s' = -\text{Tang.}\, \varphi\,.\, \text{Tang.}\, e,$
für den kleinsten $\text{Cos.}\, s'' = +\text{Tang.}\, \varphi\,.\, \text{Tang.}\, e.$

ie erste dieser zwei Gleichungen giebt

$$\text{Tang.}\, \varphi = -\text{Cos.}\, s'.\, \text{Cotg.}\, e$$

nd durch diesen Ausdruck wird man die Klimate der Alten
nden, wenn man s nach der Ordnung

180° 0′, 187° 30′, 195° 0′, 202° 30′, 210° 0′ u. s. w.
der

12^h, $12^h\,30'$, 13^h, $13^h\,30'$, 14^h u. s. w.

etzt und die Schiefe der Ekliptik $e = 23°\,27',5$ annimmt.
Man erhält so folgende kleine Tafel:

Klima	Tageslänge	Polhöhe	Klima	Tageslänge	Polhöhe
1	12h 30′	8° 34′	12	18h 0′	58° 28′
2	13 0	16 44	13	18 30	60 0
3	13 30	24 12	14	19 0	61 19
4	14 0	30 49	15	19 30	62 26
5	14 30	36 32	16	20 0	63 23
6	15 0	41 24	17	20 30	64 11
7	15 30	45 33	18	21 0	64 50
8	16 0	49 3	19	21 30	65 23
9	16 30	52 0	20	22 0	65 51
10	17 0	54 31	21	22 30	66 8
11	17 30	56 39	22	23 0	66 22
12	18 0	58 28	23	23 30	66 30
			24	24 0	66 32

Nennt man a den Halbmesser der Erde, so ist die Oberfläche F einer Zone zwischen dem Aequator und dem Parallelkreise der Breite φ gleich

$$F = 2a^2\pi . \int \partial\varphi \operatorname{Cos}.\varphi$$

oder

$$F = 2a^2\pi . \operatorname{Sin}.\varphi.$$

Nennt man also φ eine der Polhöhen der vorhergehenden Tafel, z. B. $\varphi = 58^\circ\ 28'$, und die nächstfolgende $\varphi' = 60^\circ\ 0'$, so erhält man für die Oberfläche F des zwischen diesen beiden Polhöhen enthaltenen Klima's

$$F = 2a^2\pi (\operatorname{Sin}.\varphi' - \operatorname{Sin}.\varphi)$$

oder

$$F = 4a^2\pi \operatorname{Cos}. \frac{\varphi' + \varphi}{2} \operatorname{Sin}. \frac{\varphi' - \varphi}{2},$$

wo $\pi = 3{,}14159$ .. die bekannte Ludolph'sche Zahl ist.

Auf dieselbe Weise würde man auch die Oberfläche der drei Zonen oder der drei Klimate im neuern Sinne des Wortes berechnen können. Wir nennen nämlich das *heifse Klima* diejenige Zone, die vom Aequator zu beiden Seiten desselben bis zu der geographischen Breite $\varphi = e$ geht, wo $e = 23^\circ\ 28'$ die Schiefe der Ekliptik bezeichnet. Diese Zone wird bekanntlich von den beiden *Wendekreisen* begrenzt. Die zwei *gemäfsigten Klimate* gehen zu beiden Seiten des Aequators von

$$\varphi = e = 23^\circ\ 28'$$

bis

$$\varphi = 90^\circ - e = 66^\circ\ 32'$$

und die beiden *kalten Klimate* endlich oder die beiden kalten Zonen, deren jede einen der beiden Pole in ihrer Mitte hat, gehn von

$$\varphi = 90^\circ - e = 66^\circ\ 32'$$

bis

$$\varphi = 90^\circ$$

und der Parallelkreis der Breite $66^\circ\ 32'$, der die kalte Zone von der gemäfsigten trennt, wird der *Polarkreis* genannt. Die letzte der vorhergehenden Gleichungen giebt das Mittel, die Oberflächen dieser Zonen zu berechnen. Theilt man die

berfläche der ganzen Erde in hundert gleiche Theile, so thält die heifse Zone 40 solcher Theile, jede der zwei gemäfsigten 26 und jede der zwei kalten Zonen 4 solche Theile, dafs man wieder

$$40 + 2.26 + 2.4 = 100$$

ir die Oberfläche der ganzen Erde erhält. Wir werden weiter unten[1] Gelegenheit haben, die Dimensionen dieser Erdzonen oder Klimate auch für die sphäroidische Erde durch ganz renge Ausdrücke darzustellen.

---

1 S. Art. Zone.

Halbe Dauer des natürlichen Tags.

Poldistanz	Polhöhen. 38°	39°	40°	41°	42°
66°	7h 25′	7h 28′	7h 31′	7h 34′	7h 38′
68	7 17	7 19	7 22	7 25	7 29
70	7 9	7 12	7 14	7 17	7 20
72	7 2	7 4	7 6	7 9	7 11
74	6 55	6 57	6 59	7 1	7 3
76	6 48	6 49	6 51	6 53	6 55
78	6 41	6 42	6 44	6 45	6 47
80	6 34	6 36	6 37	6 38	6 39
82	6 28	6 29	6 30	6 31	6 32
84	6 22	6 22	6 23	6 24	6 25
86	6 15	6 16	6 16	6 17	6 17
88	6 7	6 8	6 9	6 10	6 10
90	6 0	6 0	6 0	6 0	6 0
92	5 56	5 56	5 56	5 56	5 56
94	5 50	5 50	5 49	5 49	5 48
96	5 44	5 43	5 43	5 42	5 41
98	5 37	5 37	5 36	5 35	5 34
100	5 31	5 30	5 29	5 29	5 29
102	5 25	5 23	5 22	5 20	5 19
104	5 18	5 16	5 15	5 13	5 11
106	5 11	5 9	5 7	5 5	5 3
108	5 4	5 2	4 59	4 57	4 55
110	4 57	4 54	4 52	4 49	4 47
112	4 49	4 47	4 44	4 41	4 38
114	4 42	4 39	4 35	4 32	4 29

Halbe Dauer des natürlichen Tags

Poldistanz	Polhöhen.				
	43°	44°	45°	46°	47°
66°	7h 42′	7h 45′	7h 49′	7h 54′	7h 58′
68	7 32	7 35	7 39	7 43	7 46
70	7 23	7 26	7 29	7 32	7 35
72	7 14	7 16	7 19	7 22	7 25
74	7 5	7 7	7 10	7 12	7 15
76	6 57	6 59	7 1	7 3	7 5
78	6 49	6 50	6 52	6 55	6 56
80	6 41	6 42	6 44	6 45	6 47
82	6 33	6 34	6 35	6 37	6 38
84	6 25	6 26	6 27	6 28	6 29
86	6 18	6 18	6 19	6 20	6 20
88	6 10	6 11	6 11	6 11	6 12
90	6 0	6 0	6 0	6 0	6 0
92	5 55	5 55	5 55	5 55	5 55
94	5 48	5 47	5 47	5 46	5 46
96	5 40	5 40	5 39	5 38	5 37
98	5 33	5 32	5 31	5 30	5 28
100	5 26	5 29	5 22	5 21	5 20
102	5 17	5 16	5 14	5 12	5 11
104	5 9	5 7	5 5	5 3	5 1
106	5 1	4 59	4 57	4 54	4 52
108	4 53	4 50	4 47	4 45	4 42
110	4 44	4 41	4 38	4 35	4 32
112	4 35	4 32	4 28	4 25	4 21
114	4 25	4 22	4 18	4 14	4 10

Halbe Dauer des natürlichen Tags.

Poldistanz	Polhöhen.									
	48°		49°		50°		51		52°	
66°	8h	3'	8h	7'	8h	12'	8h	18'	8h	24'
68	7	50	7	55	7	59	8	4	8	9
70	7	39	7	43	7	47	7	51	7	55
72	7	28	7	31	7	35	7	38	7	42
74	7	18	7	21	7	24	7	27	7	30
76	7	8	7	10	7	13	7	15	7	18
78	6	58	7	0	7	2	7	4	7	7
80	6	48	6	50	6	52	6	54	6	56
82	6	39	6	41	6	42	6	43	6	45
84	6	30	6	31	6	32	6	33	6	34
86	6	21	6	22	6	22	6	22	6	24
88	6	12	6	12	6	13	6	13	6	14
90	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0
92	5	54	5	54	5	54	5	53	5	53
94	5	45	5	45	5	44	5	44	5	43
96	5	36	5	35	5	35	5	34	5	33
98	5	27	5	26	5	25	5	23	5	22
100	5	18	5	17	5	15	5	13	5	11
102	5	9	5	7	5	5	5	3	5	0
104	4	59	4	57	4	54	4	52	4	49
106	4	49	4	46	4	45	4	41	4	38
108	4	39	4	36	4	33	4	29	4	26
110	4	28	4	25	4	21	4	17	4	13
112	4	17	4	13	4	9	4	4	4	0
114	4	5	4	1	3	56	3	51	3	46

Halbe Dauer des natürlichen Tags.

Poldistanz	Polhöhen.									
	53°		54°		55°		56°		57°	
66°	8h	30'	8h	38'	8h	43'	8h	51'	8h	59'
68	8	14	8	20	8	26	8	32	8	39
70	8	0	8	5	8	10	8	15	8	21
72	7	46	7	51	7	55	8	0	8	5
74	7	33	7	37	7	41	7	45	7	49
76	7	21	7	24	7	28	7	31	7	35
78	7	9	7	12	7	15	7	18	7	21
80	6	58	7	0	7	2	7	5	7	7
82	6	47	6	48	6	50	6	52	6	54
84	6	36	6	37	6	38	6	40	6	41
86	6	25	6	26	6	27	6	28	6	29
88	6	14	6	15	6	15	6	16	6	16
90	6	[illegible]	6	0	6	0	6	0	6	0
92	5	53	5	53	5	52	5	52	5	52
94	5	42	5	42	5	41	5	40	5	39
96	5	31	5	30	5	29	5	28	5	27
98	5	21	5	19	5	17	5	16	5	14
100	5	10	5	8	5	5	5	3	5	1
102	4	58	4	56	4	53	4	51	4	48
104	4	47	4	44	4	41	4	37	4	34
106	4	34	4	31	4	27	4	24	4	20
108	4	22	4	18	4	14	4	9	4	5
110	4	9	4	4	3	59	3	54	3	49
112	3	55	3	50	3	44	3	38	3	31
114	3	40	3	54	3	27	3	20	3	13

Halbe Dauer des natürlichen Tags.

Poldistanz	Polhöhen.				
	58°	59°	60°	61°	62°
66°	9h 8'	9h 18'	9h 29'	9h 42'	9h 57'
68	8 47	8 55	9 4	9 14	9 25
70	8 28	8 35	8 42	8 50	8 59
72	8 10	8 16	8 22	8 29	8 37
74	7 54	7 59	8 4	8 10	8 16
76	7 39	7 43	7 47	7 52	7 57
78	7 24	7 27	7 31	7 35	7 39
80	7 10	7 13	7 16	7 19	7 22
82	6 56	6 58	7 1	7 3	7 6
84	6 43	6 44	6 46	6 48	6 50
86	6 30	6 31	6 32	6 33	6 35
88	6 17	6 17	6 18	6 19	6 20
90	6 0	6 0	6 0	6 0	6 0
92	5 51	5 51	5 50	5 50	5 49
94	5 38	5 37	5 36	5 35	5 34
96	5 25	5 24	5 22	5 21	5 19
98	5 12	5 10	5 8	5 6	5 3
100	4 59	4 56	4 53	4 50	4 47
102	4 45	4 42	4 38	4 35	4 31
104	4 30	4 27	4 23	4 18	4 13
106	4 15	4 11	4 6	4 1	3 55
108	4 0	3 54	3 48	3 42	3 35
110	3 43	3 36	3 29	3 22	3 14
112	3 24	3 17	3 9	3 0	2 50
114	3 5	2 55	2 45	2 34	2 21

Halbe Dauer des natürlichen Tags.

Poldistanz	Polhöhen.							
	63°		64°		65°		66°	
66°	10h	15′	10h	36′	11h	13′	—	—
68	9	38	9	53	10	12	10	35
70	9	10	9	21	9	34	9	41
72	8	45	8	54	9	4	9	16
74	8	23	8	30	8	38	8	48
76	8	3	8	9	8	15	8	23
78	7	44	7	49	7	54	8	0
80	7	26	7	30	7	34	7	39
82	7	9	7	12	7	15	7	19
84	6	52	6	55	6	57	7	0
86	6	36	6	38	6	40	6	41
88	6	20	6	21	6	22	6	23
90	6	0	6	0	6	0	6	0
92	5	49	5	48	5	48	5	47
94	5	33	5	32	5	31	5	29
96	5	17	5	15	5	13	5	11
98	5	1	4	58	4	55	4	52
100	4	44	4	40	4	37	4	32
102	4	27	4	22	4	17	4	12
104	4	8	4	3	3	56	3	30
106	3	49	3	42	3	35	3	27
108	3	28	3	20	3	11	3	0
110	3	5	2	55	2	43	2	30
112	2	38	2	25	2	10	1	52
114	2	7	1	49	1	26	—	—

L.

Tagbogen.

Arcus diurnus; Arc diurne; *Diurnal arc.*

So wird die Zeit genannt, die ein Gestirn über dem H
rizonte des Beobachters zubringt. Der Anfang dieser Zeit wi
der *Aufgang*, die Mitte die *Culmination* und das Ende de
selben den *Untergang* des Gestirns genannt. Wenn man al
die Zeit der Culmination und den Tagbogen eines Gestir
kennt, so erhält man auch sofort die Zeit seines Auf- und U
tergangs, indem man von der Culmination für den Aufga
den halben Tagbogen subtrahirt, für den Untergang aber s
ihr addirt.

I. Um zuerst die wahre Sonnenzeit T der Culminati
eines Gestirns zu finden, sey a und A die Rectascension de
Gestirns und der Sonne für den Mittag des gegebenen Ta
und ∂a, ∂A die täglichen Aenderungen dieser Größen, al
in Zeit oder so ausgedrückt, daß 24 Stunden gleich 360 Gra-
den, also eine Stunde gleich 15 Graden ist. Dieses voraus-
gesetzt hat man für die gesuchte Zeit T die Rectascension
des Gestirns gleich $a + T.\frac{\partial a}{24}$ und die Rectascension der
Sonne gleich $A + T.\frac{\partial A}{24}$. Die Differenz dieser beiden letz-
tern Größen ist aber, da für diese Zeit T das Gestirn eben
durch den Meridian geht, gleich dem Stundenwinkel der Sonne,
d. h. gleich der gesuchten wahren Sonnenzeit T, so daß man
daher hat

$$T = a + \tfrac{1}{24}.T.\partial a - A - \tfrac{1}{24}.T.\partial A,$$

woraus man für den gesuchten Werth von T erhält

$$T = \frac{a - A}{1 + \frac{1}{24}(\partial A - \partial a)}.$$

Geht das Gestirn, z. B. der Planet in seiner eigenen Bewe-
gung von Ost gen West oder rückwärts, so ist ∂a negativ,
und für Fixsterne, die keine eigene Bewegung haben, ist ∂a
gleich Null. Einfacher wird diese Aufgabe, wenn man nicht die
Sonnenzeit, sondern die Sternzeit der Culmination eines Ge-
stirns sucht, da diese Sternzeit der Culmination nichts anderes

als die Rectascension des Gestirns selbst ist. Wie man aber dann aus der gefundenen Sternzeit der Culmination die mittlere Zeit derselben finden kann, ist im Artikel *Sternzeit* gezeigt worden.

II. Um nun auch den zweiten Theil der hierher gehörenden Aufgabe aufzulösen oder um den halben Tagbogen, den wir S nennen wollen, zu bestimmen, so hat man, wenn s den Stundenwinkel, p die Distanz des Gestirns vom Nordpole des Aequators und z die Distanz desselben von dem Pole des Horizonts oder vom Zenith bezeichnet,

$$\text{Cos.}\, z = \text{Cos.}\, p\, \text{Sin.}\, \varphi + \text{Sin.}\, p\, \text{Cos.}\, \varphi\, \text{Cos.}\, s,$$

wo φ die Polhöhe des Beobachtungsortes ist. Wenn das Gestirn im Horizonte ist oder eben auf- oder untergeht, so ist der Stundenwinkel s gleich dem halben Tagbogen S, und da in diesem Falle z = 90° ist, so hat man

$$\text{Cos.}\, S = -\frac{\text{Tang.}\, \varphi}{\text{Tang.}\, p} \quad \ldots \quad (I)$$

oder auch

$$\text{Cos.}\, (180^\circ - S) = \frac{\text{Tang.}\, \varphi}{\text{Tang.}\, p}$$

und durch diese Gleichung wird der halbe Tagbogen S bestimmt. Will man dabei auf die Refraction und auf die Aenderung der Poldistanz des Gestirns, so wie auf den Halbmesser desselben Rücksicht nehmen, so wird man nach den Vorschriften verfahren, die schon oben[1] mitgetheilt worden sind. Hier bemerken wir nur, daſs die letzte Gleichung den Quadranten nie zweifelhaft läſst, in welchem man die Gröſse S zu nehmen habe. Da nämlich S immer kleiner als $180^\circ = 12^h$ seyn muss, so fällt in der Gleichung

$$\text{Cos.}\, S = -\frac{\text{Tang.}\, \varphi}{\text{Tang.}\, p}$$

die Gröſse S in den ersten oder in den zweiten Quadranten, wenn Cos. S positiv oder negativ ist.

In dieser Gleichung ist der halbe Tagbogen S von der Polhöhe, wie aus der Natur der Sache folgt, und auſserdem von der Poldistanz des Gestirns abhängig. Man kann ihn aber

1 S. Art. Stundenkreis. Bd. VIII. S. 1026.

auch von der Länge oder von der Rectascension des Gestirns abhängig machen, was besonders bei der Sonne für manche Untersuchungen sehr bequem seyn wird. Ist nämlich α die Rectascension, λ die Länge der Sonne und e die Schiefe der Ekliptik, so hat man

$$\text{Tang. p} = \frac{1}{\text{Tang. e Sin. } \alpha}$$

und daher auch

$$\text{Cos. S} = -\text{Tang. e Tang. } \varphi \text{. Sin. } \alpha \,.\,. \text{ (II)}$$

Ferner hat man Tang. α = Cos. e Tang. λ, wodurch die letzte Gleichung in folgende übergeht

$$\text{Cos. S} = -\frac{\text{Sin. e Tang. } \varphi \text{. Tang. } \lambda}{\sqrt{1 + \text{Cos.}^2 \text{e Tang.}^2 \lambda}}, \,.\,. \text{ (III)}$$

wo in (II) die Gröfse S von α und in (III) von λ abhängig erscheint.

III. Nennt man ebenso S′ den halben *Nachtbogen* eines Gestirns oder die Hälfte der Zeit, die dasselbe unter dem Horizonte verweilt, so hat man, da S′ das Complement zu 180° von S ist,

$$\text{Cos. S}' = \frac{\text{Tang. } \varphi}{\text{Tang. p}} \,.\,. \text{ (IV)}$$

Giebt man in den beiden Gleichungen (I) und (IV) der Gröfse (90° — p) gleiche, aber entgegengesetzte Werthe, so hat man Cos. (180° — S) = — Cos. S′ oder S = S′, d. h. der Tagbogen der Sonne für jeden Ort der Erdoberfläche im Sommer ist gleich dem ihm entsprechenden Nachtbogen im Winter. So ist z. B. der längste Tag im Sommer für jeden Ort gleich der längsten Nacht im Winter. Giebt man ebenso ohne p zu ändern, der Gröfse φ gleiche, aber entgegengesetzte Werthe, so erhält man ebenfalls S = S′, d. h. für zwei vom Aequator zu beiden Seiten desselben gleich weit entfernte Beobachter ist der Tagbogen des einen gleich dem Nachtbogen des andern. So hat z. B. der eine den kürzesten Tag, wenn der andere die kürzeste Nacht hat; der eine hat Sommer, wenn der andere Winter hat. Man nennt die Bewohner desselben Meridians unter gleichen, aber entgegengesetzten Breiten *Perioeci*, die Bewohner desselben Parallelkreises, aber unter entgegengesetzten Meridianen, *Antoeci* und endlich die einander diametral gegenüberstehenden Beobachter *Antipoden*. Die

Perioeci haben gleiche Tageszeiten, aber entgegengesetzte Jahreszeiten; die Antoeci haben gleiche Jahreszeiten, aber entgegengesetzte Tageszeiten, und die Antipoden haben entgegengesetzte Jahres- und Tageszeiten.

IV. Um die Zeit t zu finden, die der Halbmesser r der Sonne braucht, durch einen gegebenen *Almuçantharat*[1] zu gehn, so hat man, wenn man die obigen Bedeutungen von p, s, φ und z beibehält, für das Verhältniſs der Differentiale von z und s

$$\frac{\partial z}{\partial s} = \text{Sin.}\,\omega\,\text{Cos.}\,\varphi,$$

wo ω das *Azimuth* des Gestirns ist. Setzt man aber $\partial z = r$ und bezeichnet T die Uhrzeit, die zwischen den zwei nächsten Culminationen der Sonne verflossen ist, so hat man

$$t = \frac{T\,r}{360 \cdot 60^2\,\text{Sin.}\,\omega\,\text{Cos.}\,\varphi}.$$

Setzt man ν den Winkel des Verticalkreises mit dem Declinationskreise des Gestirns, so hat man auch

$$\text{Sin.}\,\omega\,\text{Cos.}\,\varphi = \text{Sin.}\,p\,\text{Sin.}\,\nu$$

und daher

$$t = \frac{T\,r}{360 \cdot 60^2\,\text{Sin.}\,p\,\text{Sin.}\,\nu} \quad \ldots \quad (V)$$

Für diese Gröſse ν hat man auch

$$\text{Sin.}\,\nu = \frac{\text{Sin.}\,s\,\text{Cos.}\,\varphi}{\text{Sin.}\,z}$$

und

$$\text{Cos.}\,\nu = \frac{\text{Sin.}\,\varphi - \text{Cos.}\,p\,\text{Cos.}\,z}{\text{Sin.}\,p\,\text{Sin.}\,z}$$

– Für solche Sterne, die wie die Sonne für uns südlich vom Zenith culminiren, der Winkel ν immer kleiner als 90° ist.

Ist jener Almuçantharat der Horizont, so ist $z = 90°$, und daher die letzte Gleichung

$$\text{Cos.}\,\nu = \frac{\text{Sin.}\,\varphi}{\text{Sin.}\,p},$$

also auch die Zeit t des Auf- oder Untergangs des Sonnenhalbmessers r gleich

---

[1] S. d. Art. im Bd. I. S. 284.

$$t = \frac{Tr}{360 \cdot 60^2 \sqrt{\text{Sin.}^2 p - \text{Sin.}^2 \varphi}}$$

oder bequemer zur Rechnung

$$t = \frac{Tr}{360 \cdot 60^2 \sqrt{\text{Sin.}(p + \varphi)\,\text{Sin.}(p - \varphi)}} \quad \ldots (\text{VI})$$

Diese Gleichung zeigt, dafs für dieselbe Polhöhe diese Ze
am kleinsten ist, wenn $p = 90°$, d. h. zur Zeit der Aeq
noctien, wo die Sonne in Aequator steht. Für $p = \varphi$ a
wird t unendlich grofs. Dann geht nämlich der Halbm
ser der Sonne gar nicht auf oder unter, so lange p die
Werth hat.

V. Die vorhergehende einfache Gleichung (I) oder

$$\text{Cos. } S = - \text{Tang.}\,\varphi\,\text{Cotg.}\,p$$

giebt nicht nur den halben Tagbogen und dadurch die Z
des Auf- und Untergangs der Gestirne, sondern sie ent
zugleich die Auflösung aller Probleme, die man über die
Gegenstand aufstellen kann. Wir wollen die vorzüglich
derselben kurz anzeigen.

A. Zuerst ist klar, dafs für $p < 90°$ die Gröfse $S > 9$
ist und umgekehrt, d. h. dafs Sterne über dem Aequator (
uns Bewohner der nördlichen Hemisphäre) länger über,
unter dem Horizonte verweilen, und dafs Sterne unter d
Aequator oder mit südlichen Declinationen länger unsichtb
als sichtbar seyn müssen. Für $p = 90°$ wird auch $S = 9$
oder Sterne im Aequator bleiben für alle Orte der Erde eb
so lange über als unter dem Horizonte.

B. Ist $p = \varphi$, so ist $S = 180°$ oder das Gestirn g
nicht mehr auf und unter, sondern berührt nur in seiner C
mination den Horizont. Für die Sonne ist dieses der Anf
und das Ende der Jahreszeit, wo die Sonne immer über d
Horizonte bleibt, und zwar so lange, als $p < \varphi$ ist. Da
Schiefe e der Ekliptik 23° 28′ beträgt, so ist die Poldist
p der Sonne immer zwischen den Grenzen

$$90° - e = 66° 32'$$

und

$$90° + e = 113° 28'$$

enthalten. Die Bewohner der Erde, für welche die Sonne n
einen Tag im Jahre nicht auf- und nur einen nicht unterge

ben eine nördliche oder südliche Polhöhe von $(90-e)$ raden, und sie sind die Bewohner der beiden *Polarkreise*. ir die innerhalb der Polarkreise wohnenden Menschen ist die einste mittägige Zenithdistanz z der Sonne

$$z = \varphi - e,$$

so desto grösser, d. h. die Sonne steht selbst mitten im Sommer ir jene Gegenden desto tiefer, je grösser die Breite φ oder näher der Beobachter selbst am Pole wohnt. Für den Porkreis ist $\varphi = 90° - e$, also $z = 90° - 2e = 43° 4'$, und für den ol selbst ist $\varphi = 90°$, also $z = 90° - e = 66° 32'$.

C. Bekanntlich wird der von den Wendekreisen eingehlossene Gürtel die *heiſse Zone*, der von den Polarkreisen egrenzte Raum die *kalte Zone* und endlich der zwischen den olar- und Wendekreisen liegende Theil der Erdoberfläche die *emäſsigte Zone* genannt.

Nur die kalten Zonen haben solche Jahreszeiten, wo die onne für sie längere Zeit hindurch nicht auf oder nicht unergeht. Für den Anfang und das Ende dieser Zeit hat man ie einfache Gleichung

$$p = \varphi \ldots (\text{VII}),$$

vo für $p < \varphi$ die Sonne für jene Gegenden in ihrem Somner nicht mehr untergeht und für $p > \varphi$ im Winter nicht nehr aufgeht. Nennt man λ die Länge der Sonne, so hat nan allgemein

$$\text{Sin.}\,\lambda = \frac{\text{Cos.}\,p}{\text{Sin.}\,e},$$

lso findet man auch die Länge λ der Sonne für den Anfang ınd das Ende der langen Nacht jener Gegenden durch die Gleichung

$$\text{Sin.}\,\lambda = \frac{\text{Cos.}\,\varphi}{\text{Sin.}\,e} \ldots (\text{VIII})$$

Ist z. B. $\varphi = 90°$, so ist nach (VII) auch $p = 90°$, also ist, für die Pole selbst, der Anfang und das Ende jener Zeit der 21ste März und der 22ste September oder unter den Polen ist ein halbes Jahr Tag und ebenso lange Nacht.

Für $\varphi = 80°$ ist $p = 80°$, also geht für diesen Parallelkreis die Sonne vom 15ten April bis 27sten August in der nördlichen kalten Zone nicht unter und in der südlichen nicht auf.

Für $\varphi = 66° 32'$ oder für die Bewohner der Polarkreise ist auch $p = 66° 32'$ oder hier geht die Sonne im Jahre bloſs

an einem Tage, am 21. Juni, in der nördlichen Hemisph nicht unter und in der südlichen nicht auf.

Kleinere Werthe von φ, als 66° 32', geben endlich, der Gleichung (VII); unmögliche Werthe von p, und eben folgt aus der Gleichung (VIII), dafs für $\varphi < 90° - e$, das h für $\varphi < 66° 32'$, die Werthe von Sin. λ imaginär werden, Zeichen, dafs für die Bewohner der gemäfsigten und der h fsen Zone keine Zeit im Jahre ist, wo ihnen die Sonne auf- oder untergeht, wie bekannt.

D. Ganz anders würden sich diese Erscheinungen halten, wenn die Schiefe der Ekliptik stark von derjen verschieden wäre, die sie jetzt ist. Für $e = 0$ z. B. fiele Ekliptik mit dem Aequator zusammen und die Poldistanz Sonne wäre durch das ganze Jahr gleich 90 Graden, würde auch ihre Länge jeden Augenblick mit ihrer Rectasc sion zusammenfallen. Für diesen Fall giebt die Gleichung

$$S = 90°$$

oder für $e = 0$ würde an allen Orten der Erde durch ganze Jahr Tag und Nacht von gleicher Länge seyn. Wä aber $e = 90°$ oder stände die Ekliptik senkrecht auf dem Ae quator, wie dieses z. B. nach Herschel's Beobachtungen bei d Planeten Uranus der Fall seyn soll, so würde die obige Gleich

$$\text{Sin.}\,\lambda = \frac{\text{Cos.}\,p}{\text{Sin.}\,e}$$

in die folgende übergehen

$$\lambda = 90 - p$$

oder die Länge der Sonne würde durch das ganze Jahr iden tisch mit der Declination derselben seyn.

Noch mufs zur Gleichung (VIII) bemerkt werden, d man, um durch sie den Anfang und das Ende jener Zeit finden, wo die Sonne für einen gegebenen Parallelkreis kalten Zone nicht mehr auf- oder untergeht, auf die R fraction r und auf den Halbmesser Δ der Sonne Rücksi nehmen mufs, so dafs man eigentlich haben wird

$$\text{Sin.}\,\lambda = \frac{\text{Cos.}\,(\varphi + r + \Delta)}{\text{Sin.}\,e}$$

für den Anfang der Zeit, wo die Sonne immer über dem H rizonte bleibt, und

$$\text{Sin.}\,\lambda = -\frac{\text{Cos.}\,(\varphi - r - \Delta)}{\text{Sin.}\,e}$$

r den Anfang der Zeit, wo die Sonne für jenen Parallelkreis
:ht mehr aufgeht. Man sieht daraus, dafs die Refraction
d der Halbmesser der Sonne für die Bestimmung jener Zei-
a dieselben Wirkungen haben, als ob die geographische Breite
n $(r+\Delta)$ verkleinert worden wäre.

VI. Nachdem wir im Vorhergehenden die Zeit des Auf-
ler Untergangs der Gestirne bestimmt haben, sollen wir nun
ch den Ort im Horizonte bestimmen, in welchem sie auf-
er untergehn. Man nennt die Entfernung dieses Orts vom
eridiane, im Horizonte gezählt, die *Morgen-* und *Abend-*
uite (*amplitudo ortiva et occidua*). Man gebraucht dieselbe
rzüglich zur See bei der Bestimmung der Declination der
agnetnadel. Die dazu nöthigen Ausdrücke sind aber schon
ien[1] selbst mit der hier zu berücksichtigenden Wirkung der
efraction mitgetheilt worden.

Zum Schlusse dieses Gegenstandes wollen wir die Auflö-
ng eines mit ihm verwandten Problems mittheilen, das auch
ei vielen anderen Untersuchungen von großem Nutzen ist.
Ian suche die vollständige Aenderung der Zenithdistanz z ei-
s Gestirns für eine gegebene Zwischenzeit. Nennt man ∂z
e Aenderung der Zenithdistanz und ∂s die Aenderung des
undenwinkels oder die gegebene Zwischenzeit, so hat man nach
m bekannten Taylor'schen Lehrsatze für die gesuchte verän-
rte Zenithdistanz z' den folgenden Ausdruck:

$$=z+\left(\frac{\partial z}{\partial s}\right)\partial s+\left(\frac{\partial^2 z}{\partial s^2}\right)\cdot\frac{\partial s^2}{1.2}+\left(\frac{\partial^3 z}{\partial s^3}\right)\cdot\frac{\partial s^3}{1.2.3}+\ldots,$$

o $\left(\frac{\partial z}{\partial s}\right)$; $\left(\frac{\partial^2 z}{\partial s^2}\right)$ . . die ersten, zweiten . . . . . . Diffe-
ntialquotienten der Gröfse z in Beziehung auf s sind, voraus-
setzt, dafs die Declination des Gestirns während dieser Zwi-
henzeit als unveränderlich betrachtet werden kann. Differen-
irt man nun die erste der oben (II.) gegebenen Gleichungen

$$\text{Cos. } z = \text{Cos. } p \text{ Sin. } \varphi + \text{Sin. } p \text{ Cos. } \varphi \text{ Cos. } s$$

Beziehung auf z und s, und setzt man der Kürze wegen

$$m = \frac{\text{Sin. } p \text{ Cos. } \varphi}{\text{Sin. } z}\,.\,\text{Sin. } s \text{ und } n = m \text{ Cotg. } s,$$

erhält man sofort

1 S. Art. *Morgenweite*. Bd. VI. S. 2460.

$$\left(\frac{\partial z}{\partial s}\right) = m$$

und

$$\left(\frac{\partial m}{\partial s}\right) = n - m^2 \,\mathrm{Cotg.}\, z,$$

$$\left(\frac{\partial n}{\partial s}\right) = - m - mn \,\mathrm{Cotg.}\, z,$$

also auch

$$\left(\frac{\partial^2 z}{\partial s^2}\right) = n - m^2 \,\mathrm{Cotg.}\, z,$$

$$\left(\frac{\partial^3 z}{\partial s^3}\right) = \left(\frac{\partial n}{\partial s}\right) - 2m\left(\frac{\partial m}{\partial s}\right) \mathrm{Cotg.}\, z + \frac{m^2}{\mathrm{Sin.}^2 z} \cdot \left(\frac{\partial z}{\partial s}\right)$$

oder wenn man in der letzten Gleichung die vorhergehenden Werthe von $\frac{\partial m}{\partial s}$, $\frac{\partial n}{\partial s}$ und von $\frac{\partial z}{\partial s}$ substituirt,

$$\left(\frac{\partial^3 z}{\partial s^3}\right) = m^3 (1 + 3 \,\mathrm{Cotg.}^2 z) - 3mn \,\mathrm{Cotg.}\, z - m.$$

Fährt man so fort, so erhält man, wenn man $\Theta = \mathrm{Cotg.}\, z$ setzt und bis zu den fünften Potenzen von ∂s fortgeht, was für alle Fälle genügt, folgenden Endausdruck, der die Auflösung des gegebenen Problems enthält:

$$\begin{aligned} z' = z &+ m \partial s + (n - m^2 \Theta) \frac{\partial s^2}{1.2} \\ &+ (m^3 - m - 3mn\Theta + 3m^3\Theta^2) \cdot \frac{\partial s^3}{1.2.3} \\ &+ [6m^2 n - n + (4m^2 - 3n^2 - 9m^4)\Theta \\ &\qquad + 18m^2 n \Theta^2 - 15 m^4 \Theta^3] \cdot \frac{\partial s^4}{1.2.3.4} \\ &+ [15 mn^2 - 10 m^3 + 9 m^5 + m \\ &\quad + (15 mn - 90 m^3 n)\Theta \\ &\quad + (45 mn^2 - 30 m^3 + 90 m^5)\Theta^2 \\ &\quad - 150 m^3 n \Theta^3 + 105 m^5 \Theta^4] \frac{\partial s^5}{1.2.3.4.5} + \ldots \end{aligned}$$

Eine der wichtigsten Anwendungen dieses Ausdrucks ist die bei der Beobachtung der Höhen der Gestirne in der Nähe des Meridians, um daraus die *Polhöhe* des Beobachtungsortes zu finden[1]. Ist nämlich z die beobachtete und z' die gesuchte

1 S. Art. *Circummeridianhöhen*. Bd. II. S. 112.

ittägige Höhe des Gestirns, so wird man in dem Vorhergenden nur die Gröfse s, also auch m gleich Null setzen, odurch n in

$$n = \frac{\text{Sin. p Cos. } \varphi}{\text{Sin. } z}$$

bergeht, und man wird für die gesuchte Reduction $\partial z = z' - z$ er beobachteten Höhe auf die mittägige Höhe den Ausdruck rhalten

$$z = -n \frac{\partial s^2}{1.2} + n (1 + 3n\,\Theta) \frac{\partial s^4}{1.2.3.4}$$

$$- n [1 + 15n(n + \text{Cotg. } z + 3n\,\text{Cotg.}^2 z] \frac{\partial s^6}{1.2.3.4.5.6} + \ldots$$

on welchem gewöhnlich schon das erste, in allen Fällen aber ie beiden ersten Glieder genügen.

L.

Tantal.

Columbium; *Tantalum*; Tantale; *Tantalum*.

Ein sehr seltenes, von HATCHETT und ECKEBERG entleckte, im Tantalit und Yttrotantalit vorkommendes Metall; ehr strengflüssig und nach CHILDREN röthlich gelb und sehr pröde.

Es bildet mit Sauerstoff die *tantalige Säure* (184 Tantal auf 16 Sauerstoff), stahlgrau und unlöslich, und die *Tantalsäure* (184 Tantal auf 24 Sauerstoff), welche ein weifses, geschmackloses, Lakmus nicht röthendes Pulver darstellt, mit Wasser ein weifses Hydrat bildet, sich nur in wenigen Säuren und nur in geringer Menge löst und mit Alkalien unkrystallinische, zum Theil im Wasser lösliche Verbindungen eingeht.

Das *Fluor-Tantal* ist eine weifse Masse; das *Chlor-Tantal* ein gelbweifses Mehl; das *Schwefel-Tantal* eine graue, feinkörnige, zart anzufühlende Masse.

G.

Tartrimeter.

Dieser Apparat ist einer von den zahlreichen, die von [illegible] Chemikern in Vorschlag gebracht worden sind, um die Me[nge] der in einer Auflösung enthaltenen Salze oder der in Flüssigk[eiten] befindlichen Substanzen zu messen. Sie sind meistens [zum] praktischen Gebrauche bestimmt, nach den zu messenden [Sub-]stanzen mit Hülfe der griechischen, mitunter auch lateinis[chen] Nomenclatur benannt, und beruhen auf verschiedenen, l[eicht] aufzufindenden physikalischen Gesetzen. Nur mit großer M[ühe] würde eine vollständige Aufsuchung aller dieser angegeb[enen] Werkzeuge zu bewerkstelligen seyn, und eine genaue [Be-]schreibung derselben wäre in unserem Werke um so we[niger] am rechten Orte, als sie fast sämmtlich in das Gebiet [der] praktischen Chemie gehören. Es wird daher genügen, bei d[ie-]ser Gelegenheit einige derselben bloß zu nennen und ihre B[e-]stimmung, die nicht allezeit aus ihrem Namen unmittelbar z[u] entnehmen ist, anzugeben; verschiedene der zahllosen Meß-werkzeuge ähnlicher Art sind ohnehin bereits in einzelnen A[r-]tikeln, als *Anthrakometer*, *Galaktometer* u. s. w. oder gele[-]gentlich genannt und beschrieben worden. Das Tartrimeter ist dazu bestimmt, die Menge des in einer Auflösung enthalt[enen] Weinsteins zu messen; das ihm ähnliche *Alkalim[eter]* giebt die Menge des aufgelösten Alkali an, so wie das *Ace[ti-]meter* die Menge vorhandener Essigsäure. Letzteres ist v[on] Descroizilles angegeben, so wie das *Berthollimeter* zur Prü-fung der Javellischen Lauge (an Kali und Wasser gebunden[es] Chlor nach Berthollet[1]), welches dem *Chlorometer* v[on] Henry und Plisson oder von Gay-Lussac ähnlich ist. D[as] *Millilitrimeter*, eine Art *Alkoholometer*, ist gleichfalls von D[es-]croizilles angegeben, und so giebt es sogar zu gleichen Zw[ecken] bestimmte Werkzeuge von verschiedenen Namen, [und] oft nur wenig von einander abweichender Construction[2].

M.

---

[1] Journ. de Pharmacie. 18[illegible]. Febr. p. 88.

[2] Die genannten findet man beschrieben im Laboratorium. H[eft] XXXVIII. Taf. CL. Heft XXXIX. Taf. CLV., in welchem Werke [man] alle Apparate dieser Art fast vollständig findet.

Taucherglocke.

Campana urinatoria; Cloche du Plongeur; *Diving Bell.*

Die Taucherglocke ist gegenwärtig ein rein technischer Apparat; allein nach der früheren Behandlung der Physik diente sie als Beweis des Vorhandenseyns der Luft und ihres Widerstandes gegen Wasser, weswegen ein kleines Modell einer solchen Glocke, aus Glas und mit Bleigewichten versehen, um durch unter das Wasser herabgezogen zu werden, meistens als wesentlicher Apparat der physikalischen Cabinette betrachtet wurde. Obgleich gegenwärtig dieser Beweis als überflüssig betrachtet wird, so ist doch so oft von Phänomenen die Rede, welche namentlich Halley und auch Andere unter Taucherglocken wahrgenommen haben, daſs eine Beschreibung dieses Apparates hier nicht fehlen darf.

Die Kunst des Tauchens, namentlich um die Perlen aus dem Meere heraufzuholen, ist sehr alt und man war daher schon früh darauf bedacht, die Taucher durch einen Behälter mit Luft in den Stand zu setzen, länger unter dem Wasser zu verweilen. Von einem solchen Apparate redet schon Aristoteles[1], allein es ist ungewiſs, ob unter demselben eine eigentliche Taucherglocke oder bloſs eine *Taucherkappe* zu verstehn sey. Von den letzteren, die bloſs den Kopf umgeben und mit einer auf die Oberfläche des Wassers hinaufgehenden Röhre versehn waren, soll schon in den ältesten Ausgaben des Vegetius vom Jahre 1511 die Rede seyn, wo auch eine Abbildung durch den Herausgeber beigefügt ist[2]; später erfand auch Halley eine kleinere Kappe, die für einige Minuten Luft faſste, über den Kopf gedeckt wurde und durch ein dichtes, biegsames Rohr mit der Glocke in Verbindung stand. Vermuthlich blieb die Taucherglocke bei den Griechen stets bekannt, denn Schott[3] berichtet nach einer Er-

1 Problemata. XXX. §. 5.
2 Busch Handbuch d. Erfindungen. Th. XII. S. 88.
3 Technica curiosa. L. VI. c. 9. p. 393.

zählung des Taisnier[1], dafs in dessen Beiseyn und in Gegenwart Kaisers Carl V. nebst mehr als 10000 Zuschauern zwei Griechen sich in einem umgekehrten Kessel in das Wasser hinabliefsen und ein mitgenommenes brennendes Licht wieder heraufbrachten. In England wandte man dieselbe bald nachher zu technischen Zwecken an, indem Baco[2] sie an verschiedenen Stellen genau beschreibt. Als im Jahre 1588 mehrere Schiffe der unüberwindlichen Flotte (der sogenannten *Armada*) an den englischen Küsten gescheitert waren und mit ihnen zugleich grofse Schätze versunken seyn sollten, bemühte man sich, mit einer durch Sinclair[3] beschriebenen Taucherglocke diese heraufzuholen, und brachte auch im Jahre 1665 einige Kanonen neben der Insel Mull an der Westküste Schottlands empor, deren Werth jedoch die aufgewandten Kosten selbst dann kaum deckte, als 1688 noch einige Kostbarkeiten hinzukamen. William Phipps, ein Americaner, erhielt 1783 von Carl II. ein Schiff, um ein bei der Insel Hispaniola gesunkenes reiches spanisches Schiff heraufzuholen, allein die Unternehmung mifslang, Jacob II. wollte ihn nicht wieder unterstützen, jedoch brachte er durch Actien, wobei der Herzog von Albemarle vorzüglich interessirt war, eine neue Expedition zu Stande, und es gelang ihm, 1688 einen Werth von 200000 Lstl. heraufzubringen. Dieses hatte zur Folge, dafs sich in England verschiedene Gesellschaften ein Privilegium zum Tauchen an bestimmten Küsten geben liefsen, unter denen diejenige am bedeutendsten war, an deren Spitze der Herzog von Argyle stand. Sie fanden viele Schätze, allein ohne bedeutenden reinen Gewinn[4].

Man hat verschiedene Arten von Kasten angegeben, in denen sich die Taucher aufhalten, oder Hüllen, mit denen sie sich umgeben, um aus diesen während des Aufenthalts

---

1 Opuscula de motu celerrimo.

2 Novum Organon. L. II. §. 50. in Opp. lat. transl. Lips. 1694 fol. p. 408. Phaenomena universi. ib. p. 707.

3 G. Sinclari ars nova et magna gravitatis et levitatis. Roterod. 1669. 4. p. 220. Sinclair wird daher mit Unrecht für den Erfinder gehalten, z. B. von Paschius in Inventa nov-antiqua. Lips. 1700. 4. p. 650. von Leupold Theat. stat. univ. P. III. p. 242.

4 Martin Description of the Western Islands. 1716. 8. Campbell Political Survey of Britain. 1774. 4.

unter dem Wasser die erforderliche Luft zu schöpfen. Am vollständigsten sind diese älteren Apparate durch Leupold[1] beschrieben worden, unter andern die von Lorini[2] erwähnte, aus einem viereckigen, mit Eisen beschlagenen Kasten bestehend, welcher an der einen Seite ein Fenster und unten einen Schemel für den Taucher hatte. Beschreibungen der Taucherglokken und Anweisungen zu ihrem Gebrauche finden sich ferner bei Nicolaus Witsen[3], desgleichen bei Borelli[4], doch zeigte Jac. Bernoulli[5] die Unausführbarkeit des einen von ihm gemachten Vorschlägs; auch hat Sturm[6] Verbesserungen der durch Sinclair beschriebenen Maschine vorgeschlagen.

Die einfache Aufgabe, sich unter einem umgestürzten, hinlänglich grofsen und zum Untersinken genügend beschwerten Kasten in das Meer herabzulassen, ist leicht zu lösen, allein es zeigen sich bei der Ausführung bedeutende Schwierigkeiten. Beim Herabsinken eines solchen Kastens wird die darin enthaltene Luft durch die umgebenden Wassersäulen zusammengedrückt, da ungefähr 32 Fufs Wasserhöhe dem Drucke einer Atmosphäre gleich ist und daher in einer Tiefe von 32 Fufs das Volumen der eingeschlossenen Luft schon auf die Hälfte, bei 64 Fufs aber auf $\frac{1}{3}$ herabgeht. Ist überhaupt p die Höhe einer Wassersäule, deren Druck dem der atmosphärischen Luft im Niveau des Meeres gleichkommt, p' die Tiefe, bis zu welcher der Apparat hinabsinkt, so ist die Elasticität und Dichtigkeit D der eingeschlossenen Luft

$$D = \frac{p + p'}{p}$$

und ihr Volumen

$$V = \frac{p}{p + p'}.$$

Wird daher eine Taucherglocke etwa 100 Fufs tief herabgelassen, so beträgt der Raum, den die Luft in ihr einnimmt,

1 Theatrum pontificiale. Leipz. 1725. Cap. II. Taf. I bis III.
2 Le fortificationi di Bonaiuto Lorini. In Venetia 1609. fol.
3 Scheeps-Bouw beschreven door N. Witsen. Amst. 1671. fol. p. 288.
4 De motu animalium L. B. 1710. p. 282.
5 Acta Erud. Lips. 1683. p. 553.
6 Colleg. curios. Norimb. 1678. 4.

weniger als den dritten Theil des ursprünglichen und die Ta-
cher stehen daher so tief im Wasser, dafs es für sie unmög-
lich ist, gehörig zu arbeiten. Dazu kommt das Verderben d
eingeschlossenen Luft durch die expirirte Kohlensäure; de
da ein erwachsener Mensch in einer Stunde ungefähr 5,55 P
Kub.-Fufs Luft ihres Gehalts an Sauerstoffgas beraubt[1] u
die Luft zum Athmen schon unbrauchbar wird, wenn ⅓ ih
Sauerstoffgases verzehrt sind, so darf man immerhin 8,33 Ku
Fufs Luft als das Bedürfnifs eines Menschen in einer Stu
annehmen. Halley war der erste, welcher diese wesen
chen Mängel verbesserte. Die durch seine Versuche sehr b
kannt gewordene Taucherglocke war von Holz, oben 3, u
ten 5 F. weit und 8 F. hoch, auswärts mit Blei überzog
und am Boden mit Gewichten beschwert, um schnell im Wa
ser herabzusinken, und zugleich den Tauchern dazu dienen
sich darauf zu stellen und zu arbeiten. Oben im Deckel w
bei D ein meniscusförmiges Glas angebracht, die conca
Seite nach innen gekehrt, und bei B ein Hahn, um die heif
Luft entweichen zu lassen. Eine kreisförmige Bank LL
diente den Tauchern zu Sitzen und die ganze Maschine wurd
an Tauen seitwärts vom Schiffe herabgelassen, nachher ab
wieder in die Höhe gezogen. Um die verdorbene Luft z
ersetzen, dienten ein Paar Tonnen C, mit Blei beschwert, u
schnell herabzusinken, 30 Gallonen haltend, mit einer Of-
nung im Boden, um das Wasser eindringen zu lassen, ob
im Deckel aber gleichfalls mit einem Loche versehn, wora
ein mit Oel und Wachs getränkter lederner Schlauch gesteck
war, aus welchem die Luft nicht entweichen konnte, weil e
wieder herabwärts gebogen war, bis einer der Taucher ih
ergriff und unter der Glocke in die Höhe bog, worauf da
die Luft durch das eindringende Wasser herausgedrückt wurde.
Die so entleerte Tonne wurde wieder hinaufgezogen und gleich-
zeitig eine zweite herabgelassen, welches Verfahren eine sol-
che Menge frischer Luft gab, dafs Halley nebst noch vie
andern Personen anderthalb Stunden in einer Tiefe von 9 bis
10 Faden ohne die geringste Unbequemlichkeit ausdauern
konnte. Dabei gebrauchte man die Vorsicht, den Apparat nu
allmälig von 12 zu 12 Fufs herabzulassen und dann vermittels

Fig. 4.

[1] S. Art. *Athmen.* Bd. I. S. 422.

Tonnen so viel frische Luft zuzuführen, dafs das einge-
ngene Wasser wieder bis an den Rand der Taucherglocke
k; als aber der Apparat unten angekommen war, wurde
:s so viel Luft durch den Hahn B herausgelassen, als jede
nne zuführte. Wenn die Glocke ganz auf den Boden her-
gelassen war, so konnte unten auf dem Boden gearbeitet
rden, auch konnte man bei ruhiger See hinlänglich sehn,
ı zu lesen und zu schreiben, so dafs Halley auf bleierne
feln mit einem Griffel Anweisungen schrieb, was geschehn
lte, und diese mit den Tonnen hinaufschickte. Bei unruhi-
r See war es unter der Glocke finster, wie in der Nacht,
er dann konnte man sich eines Lichtes bedienen. Die Un-
quemlichkeit, die in der Regel stets bei einigen Individuen
ter der Taucherglocke vorkommt, nämlich die Schmerzen
. Ohre wegen ungleicher Compression der Luft in der Eu-
ıchischen Röhre, wurde auch bei diesen Versuchen empfun-
n. Wird die Luft in der Taucherglocke beim Herablassen
ınehmend comprimirt und kann sie nicht frei durch die Eu-
achische Röhre in die Paukenhöhle dringen, so drückt sie
ıs Paukenfell und die Gehörknöchelchen mit heftigen Schmer-
ın nach innen; umgekehrt aber, wenn die verdichtete Luft
die Paukenhöhle gedrungen ist und beim Emporsteigen des
auchers nicht frei entweichen kann, so findet ein entgegen-
setzter schmerzhafter Druck statt, in beiden Fällen zuweilen
ı empfindlich, dafs er nicht blofs höchst peinlich, sondern
itunter ganz unerträglich ist[1]. Halley machte noch die be-
its erwähnte Vorrichtung, dafs ein mit einer Bleikappe ver-
hener Taucher sich von der Glocke entfernen konnte, mit
ieser aber durch eine Röhre, woran sich bei F ein Hahn
efand, in Verbindung blieb[2].

Der Schwede Martin Triewald[3] gab eine Taucher-
locke von geringerer Gröfse und kleinerem Gewichte an, mit
elcher jedoch die beabsichtigten Zwecke sehr wohl zu er-
ichen waren. Diese bestand aus inwendig verzinntem Ku- Fig. 5.

1 Vergl. Gehör. Bd. IV. S. 1215.
2 Philos. Trans. abr. T. IV. P. II. p. 188. T. VI. p. 550. Phi-
s. Trans. T. XXIX. p. 492. T. XXXI. p. 177.
3 Konstat lefwa under watnet. Stockh. 1741. 4. Phil. Trans. 1736.
Desaguliers Exper. Philos. T. II. p. 220.

pferblech und sank durch unten angehängte Bleigewichte D
herab. Drei starke convexe Glaslinsen dienten sie zu erh
len und eine eiserne Platte B, bestimmt die Taucher zu t
gen, war absichtlich so tief gehängt, damit die Athmun
werkzeuge der Taucher von der Luft im oberen Raume,
man für die am meisten verdorbene hielt, entfernt seyn mü
ten, ja für den Fall, dafs ein Aufenthalt im oberen Th
nothwendig würde, diente eine schlangenförmig gewund
Röhre an der Innenseite der Glocke, mit einem oberen bi
samen Ende und einem Mundstücke von Elfenbein, zum E
athmen der unteren Luft; eine zweckwidrige Vorsicht, da n
mehr die verdorbene Luft herabsinkt.

Halley's Taucherglocke hat einige bedeutende und zugl
gefährliche Mängel, die von Triewald angegebene en
aber einen der Hauptzwecke, nämlich den Boden unten z
Bearbeiten hinlänglich vom Wasser zu befreien, nicht ge
gend, und ist daher nur zum Aufbringen versunkener Sch
geeignet. Bei der ersteren ist gefährlich, dafs ihr bedeute
Gewicht durch Arbeiter über dem Meere gehoben werden m
und das Seil dann brechen könnte, welches den Unterga
der Taucher unvermeidlich herbeiführen würde. Aufser
ist die Beschaffenheit des Meeresbodens unbekannt und es kö
nen daher Felsenspitzen vorhanden seyn, an denen der Ra
der Glocke festhängt, so dafs diese umschlägt, ehe es m
lich ist, sich Zeichen zu geben. Diesen Mängeln suchte Sp
Fig. 6. ding zu Edinburg durch die von ihm angegebene, im Du
schnitte gezeichnete Taucherglocke zu entgehn. Diese w
von Holz und hing an den Seilen bei e, e, woran zugle
eiserne Haken befestigt waren, um die erforderlichen Blei
wichte zu tragen, durch welche der untere Rand der M
schine stets in horizontaler Richtung gehalten wurde. We
diese aber zum Herabziehen nicht genügten, so war noch e
anderes Gewicht L an einem Flaschenzuge so aufgehängt
dafs es höher und niedriger gehoben werden konnte, wel
man das Seil an der Innenseite der Glocke befestigte. Fa
diese beim Herabsinken ein Hindernifs, so liefs man das Ge
wicht sofort auf den Boden herab, und verhütete dadurch d
weitere Sinken der Glocke, die durch eben dieses Mittel i
jeder beliebigen Entfernung vom Boden gehalten wurde. Au
fserdem hatte die Glocke einen luftdichten Boden EF, und

nn dann der Hahn bei H geöffnet wurde, so drang das
usser in den Raum AFEB, brachte die Glocke zum Sin-
, bis man sie mehr erleichtern wollte und zu diesem Ende
 Hahn H schloſs, dagegen aber Luft aus dem unteren
ume, in welchem diese aus der Tonne O ersetzt wurde, in
 oberen steigen lieſs, die das Wasser wieder heraustrieb,
 das verlangte specifische Gewicht hergestellt war. Bei
sem geringen Gewichte der Glocke konnte sie auſserdem
 einem kleinen Kahne herabgelassen und leicht von einem
te zum andern hingeführt werden. Statt einer Bank saſsen
 Taucher auf Seilen, die von Haken in der Decke EF
abhingen; eine vermittelst eines Hahns im Innern der Glok-
 verschlossene Röhre diente dazu, um bei R Luft heraus-
lassen, die Zuführung frischer Luft durch die Tonne O war
er beibehalten.

Man hat noch verschiedene andere Vorrichtungen erfun-
n und wirklich in Anwendung gebracht, mittelst deren Tau-
er in tiefe Flüsse oder selbst im Meere sich hinablieſsen,
 versunkene Gegenstände an Stricken zu befestigen, damit
 dann in die Höhe gezogen würden. Sie kommen insge-
mmt darauf hinaus, daſs die Taucher sich in Panzer oder
ſs den Kopf in groſse Helme von Metall oder gebranntem
der einhüllen, in deren inneren Räumen eine bedeutende
nge Luft zur Unterhaltung der Respiration eingeschlossen
, wobei zugleich ein Glas vor dem Gesichte das Sehen er-
ubt und die heraussteheuden sowohl Arme als auch Beine
cht umschlossen sind, um freie Bewegung zu gestatten, ohne
ſs das Wasser in das Innere einzudringen vermag. Einige von
esen mehr oder weniger weiten Panzern sind auch mit elasti-
hen Röhren versehen, deren Mündungen an Schwimmern
er der Oberfläche des Wassers gehalten werden, um eine
erbindung mit der äuſsern Luft zu unterhalten. Es würde
doch zu weitläuftig seyn und zu wenig Nutzen gewähren,
ese alle ausführlich zu beschreiben, da sie sich im Fall ei-
s vorhandenen Bedürfnisses nach den angegebenen, übrigens
ich hinlänglich bekannten physikalischen Principien leicht
nstruiren lassen, wenn man hauptsächlich nur den kubischen
halt der eingeschlossenen Luft und das specifische Gewicht
es gesammten gegebenen Volumens gehörig berücksichtigt, da-
it der so bekleidete oder umschlossene Taucher mit einigem,

aber nicht zu groſsem Uebergewichte über das verdrängte W ser niedersinkt[1].

Von allen diesen Vorrichtungen macht man gegenw keinen Gebrauch mehr, auch selbst nicht von der allerd sinnreich construirten Taucherglocke Spalding's, vermutl deswegen, weil das Herablassen der Tonnen zum Ersatz verdorbenen Luft beschwerlich ist, und die Aufmerksam und Zeit der herabgelassenen Taucher zu sehr in Ansp nimmt. Diejenigen, deren man sich jetzt häufig beim Ha baue oder beim Aufsuchen versunkener Güter bedient, we nach Smeaton's Angabe verfertigt[2]. Sie sind von Eisen einem Stück gegossen, bilden länglich viereckige, unten o Kästen, unten dicker als oben, und so schwer, daſs sie o Belastung im Wasser untersinken, ohne in Folge gehörig gulirten Schwerpunctes umzuschlagen. Im Deckel befinden zwölf Oeffnungen mit dicken, planconvexen Gläsern zum leuchten und eine Oeffnung von 1 Zoll Durchmesser, in w cher ein bis an die Oberfläche reichender elastischer Schla befestigt ist, um durch diesen mittelst einer Druckpu stets frische Luft zuzuführen, so daſs die verdorbene fort rend in groſsen Blasen unter dem Rande der Glocke entw indem die Druckpumpe sofort beim Herablassen des Appa unter das Wasser in Thätigkeit gesetzt wird. Von der M des Deckels hängt eine groſse Kette herab, um geh Steine daran zu befestigen und in die Tiefe herabzulassen, den Seiten aber befinden sich Bänke zum Sitzen für die A beiter, welche in der Tiefe angekommen herabsteigen, Taucherglocke ohne Mühe auf dem Boden hinschieben u ihre Arbeit unter derselben verrichten. Der ganze App hängt an einer Kette von einem drehbaren Krahne herab, ihn aufzuziehn und hinabzulassen, auch so weit über Wasser zu heben, daſs die Arbeiter mit einem Kahne u die Oeffnung der Glocke fahren und die herabzulassenden S chen befestigen, dann aber sich selbst auf die für sie bestim ten Bänke setzen können. Diese verbesserte Einrichtu

---

1 Man findet den gröſsten Theil derselben beschrieben und d Figuren versinnlicht in Rees Cyclopaedia. Lond. 1819. 4. T. XII. A Diving-Bell.

2 Biblioth. univ. T. XIII. p. 230.

itsächlich die Druckpumpe für frische Luft, wird stets
ehalten, wenn man übrigens auch die Form ändert. So
diejenige, worin sich Dr. COLLADON[1] im Hafen zu Howth
rland herabliefs, ein länglich runder Kasten, aus einem
:k von Eisen gegossen, 6 Fuls im längsten, 4 F. im kür-
en Durchmesser, 3 F. hoch, unten 3 Zoll, oben 1,5 Z.
:, und wog im Ganzen 4 Tonnen. Sie hatte oben 10
dicken Gläsern versehene Oeffnungen und war in ihrer
gen Einrichtung der Smeaton'schen gleich[1]. In neueren
en hat auch SPALDING[2] sich sehr bemüht, die Aufmerksam-
des Publicums auf eine von ihm in Vorschlag gebrachte
esserte Taucherglocke zu richten, für die er sich ein Pa-
ertheilen liefs. Sie unterscheidet sich von der Smea-
schen durch eine besondere Kammer (*communicating cham-*
), die vom Hauptraume durch eine Wand mit Fenstern ge-
eden und für den Aufseher über die zu fertigenden Arbei-
bestimmt ist. Nach einer abgeänderten Construction ist
se Kammer von dem Hauptraume ganz getrennt und nur
ch einen elastischen Schlauch damit verbunden, um durch
sen mit den Arbeitern zu reden. Diese Vorrichtung scheint
nichts weniger als vortheilhaft, weil sie die Maschine zu-
mengesetzter macht und den Aufseher hindert, die Gegen-
ide, um derentwillen die Glocke herabgelassen wird, genau
sehn. Weit zweckmäfsiger bringt man in den Smeaton'-
en Apparaten zuweilen eine eigene Abtheilung mit einem
bequemeren Sitze für den Aufseher an. Beiläufig will ich
h bemerken, dafs stets sehr dicke Gläser zum Einlassen
Lichts für Taucherglocken empfohlen werden, um dem
rken Drucke zu widerstehn; da aber der Druck des Was-
s von aufsen dem Drucke der Luft von innen bis auf den
ingen Unterschied, den eine Wassersäule von der Höhe der
ucherglocke bedingt, ganz gleich bleibt, so ist fest einge-
:etes, mäfsig dickes Glas stark genug, um den unbedeuten-
Ueberschufs des Druckes auszuhalten.

M.

---

1 Froriep Notizen 1821. Sept. N. 7.

2 Philosophical Magazine and Annals of Phil. T. LXVIII. p. 48.
. Mechanics Magazine. 1825. N. 96. p. 185. Daraus in DING-
's polytechnischem Journal. Th. XVIII. S. 176. XXI. 218. XXIV.
; an der letzten Stelle mit Abbildung.

Telegraph

heifst in allgemeinster Bedeutung jede Vorrichtung, wod: man Nachrichten nach einem gewissen Ziele, wo m schnell und durch gewisse verabredete Zeichen, mittheilt: Benennung ist abgeleitet von τέλος, das Ende, das Ziel, γράφειν, schreiben. Die Mittel, die man für diesen Zwe Vorschlag brachte und wirklich anwandte, sind das Licht die Elektricität, beide wegen ihrer aufserordentlichen, fü dische Räume unendlich zu nennenden Geschwindigkeit hi am meisten geeignet. Man hat daher eigentlich nur zwei ten von Telegraphen, optische und elektrische, die eine here Betrachtung verdienen, denn sonstige Vorschläge, durch Zeichen auf meistens nur kurze Entfernungen zu ständigen, gehören in das Gebiet der *Synthematogra* (Zeichenschrift, von σύνθημα, das Verabredete, verabre Zeichen, Chiffer, und γράφειν) und nicht zur *Telegraphie*, nur einen speciellen Zweig von jener ausmacht. Man hat fserdem den Schall als ein Mittel zur Telegraphie vorge gen, welches unter allen das geeignetste ist, sobald es auf verhältnifsmäfsig kurze Entfernungen angewandt wer soll. Uebergehe ich hierbei die wohl früher in Anwen gebrachte schnelle Fortpflanzung einer Nachricht durch Ka nenschüsse in Gemäfsheit vorausgegangener Verabredung, wegen des grofsen Kostenaufwandes nur in einzelnen selte Fällen angewandt werden kann und aufserdem allezeit unsicher bleibt, da bekanntlich der Schall aus unbekannt Ursachen zuweilen nicht so weit gelangt, als man zu erwart berechtigt ist, so bleibt nur die Mittheilung durch Röh übrig, deren Nutzen, nebst den dazu dienlichen Vorrichtu gen, bereits angegeben ist [1]. Man pflegt dieses Mittel g genwärtig nicht unter die telegraphischen zu zählen, weil m bei diesen zugleich grofse Entfernungen im Auge hat, frü ist es aber als ein solches von Gauthey [2] in Vorschlag g

---

1 S. Art. *Schall*. Bd. VIII. S. 451.

2 Expérience sur la Propagation du son et de la voix dans tuyaux prolongés à une grande distance. Nouveau moyen d'établ et d'obtenir une correspondance très rapide entre des lieux fort dis

ht, welcher durch Versuche an der 400 Toisen langen renleitung Perrier's zu Chaillot auffand, dass die mensche Stimme durch eine so weite Strecke ungeschwächt fortflanzt wird. Da man indess gegenwärtig diese und sonstiwohl vorgeschlagene Vorrichtungen zur schnellen Mittheig von Nachrichten in die Ferne nicht mehr zur Telegrae zählt, so bleiben nur die zwei neuerdings vorgeschlage- und zum Theil wirklich in Anwendung gebrachten Telephen zur näheren Betrachtung übrig, die optischen und ctrischen.

1) Optische Telegraphen.

Das Licht durchläuft ungefähr 40000 geographische Meilen einer Secunde, und da ein Zehntheil einer Secunde wohl kleinste Zeitintervall ist, was man ohne künstliche Mittel ch messen kann, in welchem das Licht 4000 Meilen durchfen würde, so übersieht man bald, dass die Zeit, welche s Licht zum Durchlaufen irdischer Strecken gebraucht, unssbar klein ist und also bei der optischen Telegraphie ganz berücksichtigt bleiben darf. Dieses war schon den Alten kannt und sie benutzten daher das Licht zur schnellen Verritung wichtiger Nachrichten, zunächst nur im Kriege. Eine ur hiervon aus dem höchsten Alterthume findet man in der zählung der Klytemnästra[1], wie ihr durch Signalfeuer f den Bergspitzen die Kunde von der Eroberung Troja's gekommen sey. Aehnliche Alarmfeuer waren bei den Feldgen Hannibal's, insbesondere bei den Schotten, aber auch i den germanischen und andern Völkerschaften gewöhnliche ittel der Telegraphie, worüber sich unter andern in Polyus, Julius Africanus und sonstigen Schriftstellern unzweiutige Nachrichten finden. Bei der blossen Idee scheint ein orschlag von Franz Kessler[2] geblieben zu seyn, welcher hon 1617 angab, man solle ein Feuer in einer Tonne an-

---

iés. Aus Boeckmann's Versuch einer Telegraphie. Vergl. eine Nachcht darüber im Gothaischen Hofkalender von 1794.

1 S. Aeschylus Agamemnon. Sc. II.

2 Just. Christ. Hennings Mittel den menschlichen Leib wider d. olgen des Wassers und Feuers zu schützen. S. 200.

stünden, dieses durch eine Klappe verdecken und die des zu bezeichnenden Buchstaben vermittelst wiederholter fernung der Klappe ausdrücken. Der eigentliche Erfinder neueren optischen Telegraphen ist wohl der bekannte Hoo welcher der Londoner Societät im Jahre 1684 einen Plan legte, wie man durch geometrische Figuren, vermittels einander beweglicher Lineale erzeugt, schnell Nachrichten die Ferne mittheilen könne; auch gab er schon an, dass sich dabei der Fernröhre bedienen könne, um die Menge Zwischenstationen zu vermindern. Ob CHAPPE hierdurch die Erfindung seines später so berühmt gewordenen Telegr geleitet worden sey, ist nicht wohl auszumitteln [2], ebenso als ob er aus BERGSTRAESSER's zahlreichen Vorschlägen Idee entnommen habe, deren bequeme und zweckmäfsige chanische Ausführung bei der Construction des von ihm gestellten Telegraphen auf jeden Fall als seine Erfindung ten muss. BERGSTRAESSER [3] beschäftigte sich nämlich seit 1780 mit dem Probleme der Synthematographik im zen Umfange, suchte die älteren Vorschläge und Versuche Telegraphie auf, beschränkte sich aber bei seinen eigenen schlägen hauptsächlich, wo nicht ausschliefslich auf Fe signale, deren Schwierigkeit und kostspielige Ausführung einleuchtet. Nach seiner Angabe sollte eine sogenannte S post zwischen Leipzig und Hamburg errichtet werden, telegraphirte er zum Versuche vermittelst Racketen von sogenannten Goldgrube, acht Stunden von Hanau, aus Homburg und Bergen nach Philippsruhe.

Von dieser Zeit an wurde die Sache von mehreren S verhandelt, insbesondere suchte man die einfachsten und quemsten Zeichen aufzufinden und die Mittel, sie au

---

1 Philos. Trans. for 1684.

2 BORGMANN in seinem: Versuch über Telegraphie und T graphen u. s. w. Carlsruhe 1794. S. 101. sucht durch Combinat zu beweisen, dass der durch CHAPPE vorgeschlagene Telegraph Erfindung LINGUET's sey, wodurch dieser sich schon 1782 aus de stille loskaufen wollte. Als er nachher in Grand-Force geb safs, seyen die hierauf bezüglichen Zeichnungen durch Robesp in CHAPPE's Hände gekommen und dieser habe sich die Erfindung geeignet. LINGUET wurde 1793 guillotinirt.

3 Synthematographik u. s. w. 1ste Lief. Hanau 1784.

e zu erkennen, ohne dass sie vom Publicum wahrgenommen würden; es war aber Frankreich vorbehalten, sie zuerst ch praktische Anwendung ins Leben einzuführen. Der ger CHAPPE wandte sich mit der Anzeige dieser von ihm eblich gemachten Erfindung, worauf er mehrere Jahre lang estrengtes Nachdenken verwandt zu haben vorgab, im Jahre 3 an den National-Convent in Paris, dieser ernannte eine nmission zur Untersuchung und in Folge hiervon stattete AKAL am 25sten Juli dieses Jahres einen Bericht über die estellten Versuche[1] ab. Der Telegraph hatte, wie der ernach diesem Modell auf dem Louvre errichtete, nur einen rbalken mit zwei halb so langen, die mit ihrem einen e am Ende des ersteren in verticaler Ebene drehbar begt waren, und hiermit wollte er 100 verschiedene Zeid hervorbringen, die aber von den Commissarien als eihümliches Geheimniss des Erfinders nicht mitgetheilt wur. Der erste Versuch fand am 12. April statt, ein Posten d zu Menil-Montant, ein zweiter auf der Höhe von uan und ein dritter zu St. Martin du Thertre, die ganze fernung betrug 8 bis 9 Lieues und beide telegraphirte Dechen wurden völlig genau verstanden. In Gemässheit desfiel der Bericht sehr günstig aus; die Commission rech-, dass im Mittel jedes Signal 20 Secunden erfordern würde also eine Depesche von Valenciennes bis Paris 13 Min. Sec. bedürfe. Sie bestimmte ferner, dass mit Inbegriff zur Nachtzeit erforderlichen Geräthschaften jeder Teleph 6000 Livres kosten könne und sich daher mit 96000 res eine Linie von Paris bis an die Nordgrenze des Reichs stellen lasse, wovon die Fernröhre und Secunden-Pendelen, die ohnehin vorhanden seyen, noch abgingen und also 58400 Livres erforderlich wären. Auf diesen Bericht ernte der Convent den Erfinder CHAPPE zum *Ingénieur-Téaphe*, und trug dem Wohlfahrts-Ausschuss auf, zu bemen, welche Telegraphen-Linien am nöthigsten und zwecksigsten wären. Von dieser Zeit an wurde die Sache allge-

Fig. 7.

---

1 Journ. des Inventions, découvertes et perfectionnements dans Sciences. T. II. Gotha'sches Magaz. Th. X. St. 1. S. 95. Bullede la Société philomatique. An VI. No. 16. Hier findet man Beeibung und Abbildung des Chappe'schen Telegraphen.

mein bekannt und es erschienen mehrere Werke mit Besch
bungen des in Paris auf dem Louvre errichteten Telegr
und mit zahllosen Vorschlägen zu verschiedenen Combina
nen der damit zu gebenden Zeichen, wie nicht minder
derzeitiger Chiffern, unter andern die oben erwähnte v
Borckmann, zwei in Leipzig[1], eine in Nürnberg[2] u. s. w.
auch stellte Bergsträsser[3] alles bis dahin über dieses Pr
blem bekannt Gewordene in einem mehr weitläuftigen als grü
lichen Werke zusammen. Die von Chappe gewählte Einri
tung verbindet Einfachheit mit einem hohen Grade von V
ständigkeit, und mufste daher vor allen andern vorgeschl
nen am meisten Beifall finden. Man berechnete gleich a
fangs[4], dafs man sich bei den Stellungen der beiden Sei
flügel auf die Winkel von 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 2
und 315° beschränken müsse, welches aber für die einz
und für beide in Verbindung 63 verschiedene Figuren g
Diese mit den 4 verschiedenen Stellungen des Hauptflügels m
tiplicirt giebt 256 Figuren, aus denen man die bequem
aussuchen kann, weil man nicht aller bedarf; auch vers
sich von selbst, dafs man diesen Zeichen eine willkürliche B
deutung geben kann, so dafs die telegraphirten Depeschen u
geachtet der offenen Sichtbarkeit der Zeichen doch immer
Geheimnifs bleiben. Die Maschine ruht nach jeder bedeu
men Stellung ein wenig, um dadurch anzudeuten, dafs sie
geltende sey. Die Entfernung der einzelnen Stationen hä
von der Güte der gebrauchten Fernröhre ab; nach der Er

---

1 Beschreibung und Abbildung des Telegraphen oder der n
erfundenen Fernschreibemaschine u. s. w. Leipz. 1794. Abbil
und Beschreibung des Telegraphen oder der neu erfundenen Fe
schreibemaschine in Paris und ihres innern Mechanismus u. s. w. N
einer leicht ausführbaren Anweisung, mit äufserst geringen Kosten T
legraphen zu verfertigen. Leipz. 1796. 8.

2 Beschreibung und Abbildung des Telegraphen oder der neu e
fundenen Fernschreibemaschine in Paris, mit einem Kupfer; n
dem telegraphischen Alphabet. Nürnberg 1796. 4. Die Schrift v
Edelcrantz über Telegraphie, worin auch Vorschläge zu Verbes
rungen enthalten sind, habe ich nicht zur Hand.

3 Ueber Signal-, Ordre- und Zielschreiberei in die Ferne od
über Synthematographe und Telegraphe in der Vergleichung. Frank
a. M. 1795. Mit 18 K.

4 S. Gotha'sches Magazin. Th. X. St. 1. S. 101.

g nimmt man im Mittel 6 bis 8 Stunden an, vorausgesetzt dafs keine zwischenliegenden Erhöhungen ein Hindernifs geben, da z. B. von Paris aus die nächste Station sich schon auf dem Mont-Martre befindet.

Die ursprüngliche Einrichtung der Telegraphen ist bis jetzt im Wesentlichen beibehalten worden und sonstige, minder zweckmäfsige Vorschläge sind unbeachtet geblieben. Dahin gehört der von Achard[1], wonach eine gerade Stange, ein Kreis und ein Dreieck, um einer gemeinschaftlichen Axe beweglich, durch Combination die erforderlichen Zeichen geben sollen, und die nur im Allgemeinen bekannt gewordenen, aber sehr viel versprechenden von Wolke[2]. Die einzige wesentliche, zugleich aber sehr nahe liegende Verbesserung, die man alsobald einführte, besteht darin, dafs man die beiden Nebenflügel nicht an ihren Enden, sondern in der Mitte an den Enden des Hauptflügels befestigte, wonach also der Telegraph die in der Zeichnung ausgedrückte Gestalt erhielt. Hierdurch erreichte man den wesentlichen Vortheil, dafs alle drei Flügel, jeder in seinem Schwerpuncte befestigt, ungleich weniger Kraft zu ihrer Bewegung erfordern. Fig. 8.

Somit glaube ich das Wesentliche über die Erfindung und die Construction des üblichen optischen Telegraphen vollständig genug mitgetheilt zu haben, ohne dafs es mir nöthig scheint, auf die einzelnen späteren Vorschläge zu Verbesserungen[3] weiter einzugehen. Sollte aber jemand beabsichtigen, bei der Anlegung einer Telegraphenlinie thätig mitzuwirken, dann würde ihm allerdings obliegen, auch diese und namentlich die durch Breguet und Betancourt angegebenen Constructionen[4], vor allen andern aber die ausführliche Abhandlung von Fr. Parrot[5] mit ebenso schönen als belehrenden Zeichnungen, einer näheren Prüfung zu unterwerfen.

Chappe's Telegraph ist nur am Tage zu gebrauchen, der Erfinder desselben und mehrere andere waren aber darauf be-

---

1 Journal für Fabrik. 1794. Dec. S. 486.

2 Reichsanzeiger. 1795. No. 167.

3 Solche finden sich unter andern in Bibliothèque Britannique. 1796. Janv.

4 Bulletin de la Soc. philom. An VI. N. 16. Mém. de l'Institut. 1797.

5 Mém. de l'Acad. des Sc. de Pétersb. VIme Sér. T. IV.

dacht, ihm eine solche Einrichtung zu geben, dafs man a
während der Nacht telegraphiren könnte, ohne dafs dieses j
doch bis jetzt in Ausführung gebracht wurde. Dahin gel
der Vorschlag von ABEL BÜRJA[1], grofse, in einer undur
sichtigen Scheibe ausgeschnittene und von hinten her erleuc
tete Buchstaben zum nächtlichen Telegraphiren anzuwend
Der Vorschlag scheint nicht schwer ausführbar, und es li
nicht fern, statt der gewöhnlichen Schriftzeichen zur Bew
rung des Geheimnisses willkürliche Chiffern zu wählen, w
auf jeden Fall leichter ausführbar scheint, als der Vorschl
von FISCHER[2], mittelst 10 Laternen zu signalisiren, die
verschiedenen Combinationen theilweise zugedeckt werden sol
ten. Im Frühjahr 1833 habe ich selbst gesehn, dafs in Pa
Versuche gemacht wurden, vermittelst Laternen bei Nacht z
telegraphiren, über die erhaltenen Resultate habe ich aber kei
Kenntnifs erhalten. Am gelungensten scheinen die Versuch
ausgefallen zu seyn, welche LECOY DE KERVEGUEN[3] mit de
von ihm erfundenen Tag- und Nachttelegraphen angestellt ha
Dieser besteht aus einer gewöhnlichen, bei Nacht im Inne
stark erleuchteten Kammer. In der Wand, welche in de
Richtung der telegraphischen Linie liegt, befinden sich dr
grofse, kreisrunde Oeffnungen mit einem Kreuze, wovon de
eine Balken vertical steht. Die Oeffnungen sind mit ein
runden, drehbaren Scheibe bedeckt, worin sich ein Einschni
befindet, welcher durch den einen oder den andern Balken de
Kreuzes ganz verdeckt wird, und wenn sie daher um ihr
Axe gedreht werden, so fällt das Licht durch den Einschnitt
dessen Stellung in jedem Winkel verändert werden kann, s
dafs die Verbindung aller drei die vielfachsten Combination
gestattet, deren Zahl in übergrofser Menge zu 8640 angegebe
wird, auf jeden Fall aber für die Bedürfnisse der Telegraph
mehr als genügt. Die Gröfse der Einschnitte und der Scheibe

---

1 BUSCH Geschichte der Erfindungen. Th. XII. S. 47.

2 Deutsche Monatsschrift. 1795. Oct. S. 96. Aehnliche Vor
schläge sind von BOECKMANN a. a. O., von KESSLER und von vielen An
dern gemacht worden, die man in den angezeigten Werken von BUSC
STRAESSER findet.

3 Revue Encyclop. T. XLIII. p. 763. The Quarterly Journ. of
science. New Ser. N. XII. p. 393.

auf die Entfernung, bis zu welcher sie sichtbar seyn sollen, angemessen seyn, was sich von selbst versteht. Am 21sten Juli 1829 wurden Versuche mit diesem Telegraphen angestellt, welcher sich im Hafen von Brest befand, und die Signale wurden auf dem Cap Sepet in 1,8 Lieues Entfernung, des hellen Mondlichts ungeachtet, sehr genau erkannt, auch am andern Morgen, als man statt des Kerzenlichtes das Tageslicht durch die Einschnitte fallen liefs.

2) Elektrische Telegraphen.

Wie vollkommen und ihrem Zwecke angemessen die optischen Telegraphen der Theorie und Erfahrung nach immer seyn mögen, so unterliegen sie doch stets dem Mangel, dafs ihn jetzt noch die Nacht und auf jeden Fall trübes, nebeliges Wetter ihren Gebrauch aufhebt. Indem aber der elektrische Strom schon nach älteren Versuchen irdische Räume in unmefsbar kurzer Zeit, nach den neueren von Wheatstone aber mit gröfserer Geschwindigkeit, als selbst das Licht durchläuft, und hierbei obendrein weder die Nacht noch auch trüber Himmel ein Hindernifs abgiebt, so war der Gedanke sehr natürlich, denselben zur Telegraphie zu benutzen. Die in dieser Beziehung gemachten Vorschläge waren allezeit der bestehenden Kenntnifs des Verhaltens der Elektricität angemessen. So lange man blofs die Reibungselektricität kannte, beschränkten sich die Vorschläge darauf[1], den elektrischen Strom durch willkürlich lange, unter der Erde hinlaufende Metalldrähte zu leiten und auf der entfernten Beobachtungs-Station dadurch die verabredeten Zeichen zu geben, dafs der einfache Funke eine elektrische Pistole entzündete, um überhaupt die Aufmerksamkeit zu erregen oder von einem Leiter zum andern übersprünge oder in einer luftleeren Flasche als Lichtschein zum Vorschein käme. Liefse sich der elektrische Strom auf diese Weise als einfacher oder als Flaschenfunke nur auf hinlänglich entfernte Strecken fortleiten, so wäre es leicht, durch verschiedene Zahl und Reihenfolge solcher Funken die verabredeten Zeichen zu geben, allein die eigentliche Schwierigkeit, dafs die in die Erde gesenkten Drähte nicht mehr isolirt blei-

1 Borgmann a. a. O. S. 17.

ben, hatte man ganz übersehn, und sie ist erst in den ne sten Zeiten gehörig gewürdigt worden. Der Telegraphie durch Reibungs-Elektricität steht aber außerdem noch e Hindernifs entgegen, dafs auf jeden Fall eine etwas sta Spannung der Elektricität erfordert würde, man sich den entweder auf nur einen hin- und zurücklaufenden Draht b schränken müfste, was die Erhaltung einer hinlänglichen A zahl verschiedener Chiffern erschwert, oder dafs eine größ Menge genügend isolirter Leitungsdrähte erforderlich wäre.

Dieses letztere, nicht unbedeutende Hindernifs wa gänzlich beseitigt, nachdem Volta das Verhalten der hy elektrischen Säule aufgefunden hatte, indem die hierdurch e zeugte Elektricität vollkommene Leiter auf die gröfsten E fernungen in unmefsbar kurzer Zeit durchläuft und dabei d noch eine so geringe Spannung hat, dafs ein blofses Ueb spinnen der Leitungsdrähte mit Seide genügend isolirt, so d eine willkürliche Menge so zubereiteter Drähte neben einand ja sogar zusammengebunden, von einer Station zur ande fortgeführt als ebenso viele Leiter besonderer elektrischer Str me dienen können. Dieser Umstand bewog S. Th. Sömme ring[1], den Plan zu einem elektrischen Telegraphen vollstän dig auszudenken, im Modelle durch Drähte bis auf 2000 Fu Länge auszuführen und vor der Akademie in München d Möglichkeit einer solchen Vorrichtung durch Versuche dar thun. Da (von jetzt an) gewifs nie eine praktische Anwen dung von diesem Vorschlage gemacht werden wird, so genüg es, nur die Sache im Allgemeinen zu bezeichnen. Sömme ring vereinigte anfangs 35, nachher nur 27 feine, mit Seid umsponnene Messingdrähte in ein Seil, welches dann bei d wirklichen Ausführung in einem Canale unter der Erde fort geführt werden mufste, wobei die einzelnen Drähte an de Enden dieses Seiles frei und getrennt blieben. Auf der erste der beiden telegraphischen Stationen sollte ein hinlaufende und ein zurückkehrender Draht mit den entgegengesetzten Po len einer Volta'schen, zur Wasserzersetzung hinlänglich star ken Säule in Verbindung gesetzt worden, auf der andern Sta tion aber, wohin man eine Depesche zu telegraphiren beab

1 Münchener Denkschriften Th. III. Im Auszuge in Schweigger's Journ. Th. II. S. 217.

htigte, tauchten die Enden dieser Drähte in geeignete Ge-
se mit Wasser und zersetzten dieses in Folge des durchge-
tetem elektrischen Stromes. Hat man eine hinlängliche An-
hl solcher Gefäfse, deren jedes einen gewissen Buchstaben
er eine Zahl oder ein sonst geeignetes Zeichen bedeutet,
id werden die hierzu gehörigen Drahtenden auf der ersten
ation mit den Polen der Volta'schen Säule verbunden, so
ben diejenigen Gefäfse, worin sich die Wasserzersetzung
igt, an sich und durch die Reihenfolge, wie diese beginnt,
s gewünschten Zeichen, die dann, wenn sie nicht Buchsta-
n, sondern willkürliche Zeichen bedeuten, als Geheimschrift
enen können. Die Zahl der hierzu erforderlichen Drähte
ird dadurch bedeutend vermindert, dafs man zur Zurückfüh-
ng des elektrischen Stromes für alle, denselben zur zweiten
ation hinleitenden, nur eines einzigen Drahtes bedarf. Für
le diejenigen, die mit den Gesetzen der Fortpflanzung des
ektrischen Stromes bekannt sind, mufs klar seyn, dafs unter
oraussetzung einer möglichen genügenden Isolirung solcher
nter der Erde hinlaufender Drähte die Ausführung dieses Vor-
hlags allerdings möglich sey und dafs daher die von PRAE-
ORIUS[1] dagegen gemachten Einwendungen durchaus nur auf
änzlicher Unkenntnifs der Sache beruhen.

Sobald OERSTED's glänzende Entdeckung des Elektroma-
netismus bekannt geworden war und man wufste, dafs eine
n Multiplicator[2] frei schwebende Magnetnadel durch den
lektrischen Strom bis zu 90° aus dem magnetischen Meri-
iane abgelenkt wird und noch obendrein, je nach der Rich-
ung dieses Stromes, entweder östlich oder westlich, lag der
edanke sehr nahe, statt der Wasserzersetzung dieses Mittel
ur Telegraphie anzuwenden. Sofern aber die Construction
es Sömmering'schen Telegraphen allgemein bekannt war und
uch beim elektromagnetischen Telegraphen die Leitungsdrähte
en wesentlichsten Theil bilden, die verschiedene Combina-
ion der möglichen Zeichen aber nicht wichtig genug ist und
ich zu leicht von selbst darbietet, als dafs sie ein Gegenstand
rnster Forschungen werden sollte, so konnten nur beiläufige
eufserungen über dieses Problem bekannt werden, deren Auf-

1 G. XXXIX. 116. Vergl. S. 478.
2 S. Art. *Multiplicator*. Bd. VI. S. 2476.

suchung nicht die Mühe lohnt. Daher wird es genügen, wegen anderweitiger grofser Verdienste dieses Gelehrten hier bemerken, dafs schon am 12. Febr. 1830 RITCHIE der Londoner Societät gelegentlich anzeigte, AMPÈRE habe die Drehungen der Magnetnadeln durch den elektrischen Strom als Mittel zum Telegraphiren in Vorschlag gebracht. Dennoch können zwei Gelehrte genannt werden, welche diesem Probleme eine gröfsere Aufmerksamkeit gewidmet und dasselbe bis auf den Standpunct gebracht haben, auf welchem es sich gegenwärtig befindet; beide haben sich nicht blofs mit theoretischen Angaben begnügt, sondern jeden Theil der Aufgabe sogleich praktisch und obendrein in einem grofsen Maſse in Anwendung gebracht, und da das Problem nicht blofs interessant, sondern auch wegen beabsichtigter Anwendung desselben im Grofsen von höchster Wichtigkeit ist, so lohnt es sich der Mühe, den verschiedenen, von beiden betretenen Weg näher zu bezeichnen.

Die im Multiplicator aufgehangene Magnetnadel wird schon durch einen schwachen elektrischen Strom in Bewegung gesetzt, ohne dafs aus ihrer Gröfse dabei ein merkliches Hindernifs erwächst, denn GAUSS hat namentlich gezeigt, dafs die 25 Pfund schwere Magnetometer auf der Sternwarte durch einen einfachen Volta'schen Apparat, aus einer 1,5 Z. im Durchmesser haltenden Kupferplatte und einer gleich grofsen Zinkplatte bestehend, mit zwischengelegter, in destillirtes Wasser getauchter Papierscheibe, um viele Grade abgelenkt wird, sogleich der Strom den aus 1500 Fufs Kupferdraht bestehenden Riesen-Multiplicator durchlief. Handelt es sich daher um die Art des elektrischen Stromes, durch welchen die zum Telegraphiren bestimmte Nadel in Bewegung gesetzt werden soll, so könnte dazu ein durch eine der vier bekanntesten Methoden erzeugter benutzt werden, nämlich ein reibungselektrischer, ein thermoelektrischer, ein hydroelektrischer und ein magnetoelektrischer. Es haben zwar die neuesten Versuche von GAUSS[1] bewiesen, dafs die im physikalischen Cabinet zu Göttingen erzeugte Reibungs-Elektricität die mehr als eine Meile lange Drahtlänge bis zum Observatorium durchlief und

---

1 Ich hatte das Glück, im Herbst 1837 diese Versuche selbst mit anzusehen

sämmtlichen zwischenliegenden Magnetometer in Bewegung e. (eine bedeutende Erweiterung des bekannten *Colladon'n Versuches*); auch oscillirte das Magnetometer der Sterne, als ein von GAUSS eigens aus Eisen- und Platinaten construirter thermoelektrischer Apparat in den Kreis genannten Multiplicators gebracht und blofs mit der Hand ärmt wurde; dennoch aber wird man sich zum Telegraen weder der Reibungs- noch der Thermo-Elektricität beten, sondern die weit bequemeren und sicherrn der Volchen Säule und der Induction wählen. Beide Arten sind bei bisherigen Proben in Anwendung gebracht worden, und obch noch keine Entscheidung vorliegt, welcher der Vorzug ühre, so wird es doch erlaubt seyn, ihre Eigenthümlichten näher anzugeben und dadurch mindestens etwas zur gründung eines solchen Urtheils beizutragen.

Der Baron SCHILLING v. CANSTADT[1] darf wohl als derige genannt werden, welcher das Problem der elektromaetischen Telegraphie zuerst und mit gröfstem Eifer bearbeihat. Während seiner Anwesenheit in München bei der is. Russischen Gesandtschaft zur Zeit, als SÖMMERRING das oblem der Telegraphie bearbeitete, wurde er mit dieser ifgabe vertraut, und es war daher natürlich, dafs er bald ch OERSTED's Entdeckung und hauptsächlich, nachdem man e Construction und Wirkungen der Multiplicatoren erkannt tte, auf den Gedanken verfiel, die durch den elektrischen rom bewirkten Abweichungen einer Magnetnadel zum Teleaphiren zu benutzen. Ohne hierbei auf unwesentliche Speilationen einzugehen, fafste er das Hauptproblem scharf ins uge, nämlich die Frage, ob der elektrische Strom ohne nacheilige Schwächung weite Strecken durchlaufen könne, und berzeugte sich hiervon durch Versuche auf seinem Gute, woei die Länge des angewandten Drahtes mehrere Werst beug. Hinsichtlich der Chiffern blieb er vorerst bei der An-

1 Es hat mir grofses Vergnügen gemacht, diesen mit unglaubch vielseitigen Kenntnissen ausgerüsteten Gelehrten, Mitglied der kademie zu Petersburg, zugleich auch viel bewandert in den höheen Geschäften des Staatslebens, bei der Versammlung der Naturforcher zu Bonn kennen zu lernen und von ihm mündlich die Hauptache des hier Mitgetheilten zu entnehmen. Leider ist er seitdem erstorben.

wendung einer einzigen Nadel stehen, wohl wissend, d
vermittelst einer sich von selbst und fast ohne alles Nachd
ken darbietenden Verbesserung leicht mehrere Nadeln ne
einander gestellt und durch ebenso viele abgesonderte Rh
phore, für welche insgesammt nur ein einziger zurückfüh
der Draht genügte, bewegt werden könnten, um die z
reichsten Combinationen zu erhalten. In dieser Bezieh
neigte er sich am meisten zu der Idee hin, blofs Zahlen
telegraphiren, die sich auf ein Chiffern-Lexikon beziehn
ten, worin die den einzelnen Zahlen zukommenden W
verzeichnet wären [1]. Unter den vielfachen, hierbei mögli
Vorschlägen sey es erlaubt, nur einen etwas näher zu b
schreiben. Gesetzt man wählte 5 Nadeln, jede nach der s
ter zu beschreibenden Einrichtung mit zwei Ziffern, auf
der Seite eine, versehen, so hätte man die neun einfach
Zahlzeichen nebst der Null zur Disposition und kön
diese von den Einheiten an bis zur vierten dekadischen O
nung combiniren, so dafs auf jeden Fall eine mehr als h
reichende Menge von Zahlen zur Bezeichnung der im Chiff
Wörterbuche nöthigen Worte vorhanden wäre. Stellen
uns aber vor, dafs durch Erzeugung eines elektrischen St
mes auf der einen Station entweder eine oder mehrere,
fünf der genannten Nadeln, auf der zweiten Station bew
würden, so gäben die sich gleichzeitig drehenden Scheiben
erforderliche Zahl an, welche der Beobachter blofs aufsch
ben müfste, damit das Telegraphiren schneller bewerk
ligt würde und die gegebenen Zeichen ihm selbst unbekan
blieben, indem deren Aufsuchung dem Dechiffreur anh
fiele.

Die Art der Elektricitäts-Erzeugung, welche Schill
v. Canstadt anwandte, war die hydroelektrische und die M
thode der Anwendung die einfachste, wie sie sich gleich

---

1 Prof. Morse beschäftigt sich seit einigen Jahren mit elek
telegraphischen Versuchen, wobei er die hydroelektrische Säule a
wendet. Die schnell sich folgenden Oscillationen bezeichnen Zahl
welche dekadisch zusammengehören, wenn sie in kurzen Interva
einander folgen. Sie beziehn sich auf ein telegraphisches Wört
buch, worin die den Zahlen zugehörigen Worte enthalten sind.
Silliman Amer. Journ. T. XXXIII. p. 185.

selbst darbietet, und die ich bloſs deswegen näher be-
eibe, weil man sich derselben am bequemsten bei der An-
ıng kleiner Modelle von Telegraphen in den physikalischen
inetten bedienen kann, um die Einfachheit und Sicherheit
ır so viel versprechenden Erfindung anschaulich zu machen.
sey AB ein schweres Klötzchen mit einem verticalen höl- Fig. 9.
ıen Stäbchen gg, mit einem durch die Säge gemachten
schnitte, um die beiden Platten Kupfer und Zink k und z
zwischenliegendem feuchtem Leiter einzuklemmen. Faſst
n der Telegraphirende die beiden Enden Kupferdraht a
b jedes in eine Hand, und berührt damit die beiden
eiben in derjenigen Lage, welche die Zeichnung angiebt,
geht der elektrische Strom bekanntlich vom Kupfer durch
Draht und den mit ihm verbundenen, auf der zweiten
ion befindlichen Multiplicator, dann wieder zurück bis
ı Zink, und die im Multiplicator aufgehangene Magnetna-
wird eine östliche Abweichung erhalten, wenn die erste
ndung des Multiplicators über ihr hinläuft; kreuzt aber der
legraphirende die Drähte und berührt er die Scheiben von
andern Seite, so wird eine westliche Abweichung erfol-
. Gleich einfach ist die Einrichtung der Scheiben, womit
Signale gegeben werden. Die Magnetnadel hängt an ei- Fig. 10.
ı ungezwirnten Seidenfaden, wie man diese Seide bei den
ɔpfmachern oder Posementirern leicht erhält. Diese Fäden
l mit dem oberen Ende an einen geeigneten Träger gebun-
, mit dem unteren aber an dem hölzernen Stäbchen oder
ı Messingdrahte ββ, β'β' festgebunden, auf welchem die
gnetnadel NS, N'S' festgesteckt ist. Auf dem obe-
Ende dieser kleinen Stange ist eine etwa 1,5 bis 2 Zoll
Durchmesser haltende Scheibe von Kartenpapier A, A' so
stigt, daſs sie sich mit demselben, durch Reibung festge-
en, zugleich draht, zugleich aber in eine für den Beobach-
geeignete Lage gestellt werden kann, so daſs sie bei ru-
der Nadel ihm die scharfe Seite zukehrt, bei einer östli-
n oder westlichen Abweichung derselben aber die eine oder
andere Fläche zeigt. Auf diesen Flächen ist auf der ei-
ein verticaler, auf der andern ein horizontaler Balken ge-
hnet, beide schwarz, wenn die Scheibe weiſs ist, oder
gekehrt; auch bedarf es kaum der Bemerkung, daſs statt
ıer beliebige andere Zeichen, zum Beispiel auch nach der

oben angegebenen Einrichtung auf 5 Scheiben 0 und 5, 1
6, 2 und 7, 3 und 8, 4 und 9 gewählt werden kön
Zur noch näheren Bezeichnung der ganzen Vorrichtung
lich möge auch die Zeichnung des Kästchens mit dem M
tiplicator und der darin aufgehangenen Nadel dienen, wie
Fig. 11. ses im verticalen Durchschnitte dargestellt ist. Die Nadel
und der sie umgebende Multiplicator sind für sich klar,
sieht man die Drahtenden des letzteren, die durch den D
in die Höhe gehn. Nach der von Schilling v. Canst
gewählten Einrichtung befanden sich diese Enden in kl
hölzernen Bechern p mit Quecksilber; da aber durch L
Gauss und Andere bewiesen worden ist, dafs blofse meta
Berührung genügt, so ist es besser, diese Enden im Deck
festzuklemmen, dafs man die Enden der Rheophore neben
einsteckt und somit metallische Berührung hervorbringt,
durch zugleich die Erzeugung eines isolirenden Oxydüber
der Drahtenden in Folge ihrer Amalgamirung vermieden
Die Scheibe A in ihrer Ruhe und bei der angenommenen S
lung der Nadel im magnetischen Meridiane zeigt dem B
achter ihre scharfe Seite; wenn aber die Nadel durch
elektrischen Strom abgelenkt ist, so wird die eine oder
andere Fläche mit dem darauf befindlichen Zeichen den
obachter zugewandt. Damit jedoch die Nadel bei einer
keren elektrischen Erregung nicht um ihre verticale Axe i
nem ganzen Kreise einmal oder mehrmal herumgeschl
werde, mufs irgendwo eine kleine Strebe aufgerichtet wer
welche die Nadel hindert, mehr als 90 Grad abzuwei
Endlich zeigt die Figur den kleinen Telegraphen, wie er
Beobachten der auf der ersten Station gegebenen Zeichen
gerichtet ist, man übersieht aber bald, dafs auch die Dr
enden k und z aus ihrer Verbindung mit den Enden
Multiplicators genommen und nach der oben beschriebenen M
thode mit der Zink- oder Kupferplatte der einfachen Vol
schen Säule in Berührung gebracht werden können, um
der zweiten nach der ersten Station, wo sich ein gleicher
parat befindet, rückwärts zu telegraphiren.

Man ersieht aus dieser Darstellung, dafs die ganze A
gabe des Telegraphirens auf die angegebene Weise im hö
sten Grade einfach ist und selbst durch solche Personen
richtet werden kann, die von physikalischen Gesetzen und

von der Operation, die sie mechanisch nach Anweisung
ichten, gar keine Kenntnifs haben, wie denn auch wirk-
SCHILLING v. CANSTADT seinen ganz ungebildeten Be-
ten als Gehülfen bei seinen Versuchen gebrauchte. GAUSS,
cher bei seinen erschöpfenden Untersuchungen über den
gnetismus die Operation des Telegraphirens, als unmittel-
zum Elektromagnetismus gehörend, nicht unbeachtet lassen
nte, behandelte die Aufgabe mehr aus dem eigentlich wis-
chaftlichen Standpuncte, wohl wissend, dafs die aus ei-
genauen Kenntnifs der Sache demnächst zu entnehmen-
praktischen Hülfsmittel sich seiner Zeit von selbst schon
en würden. Durch eine Drahtleitung vom physikalischen
inette in der Stadt aus bis zur Sternwarte und zurück,
st einer Menge von zwischenliegenden Drähten, deren ganze
ge weit über eine geographische Meile beträgt, wurde zu-
das Verhältnifs der Länge des Leitungsdrahtes zur Stärke
erregten Elektricität ausgemittelt, und als Resultat die
erzeugung gewonnen, dafs der elektrische Strom sich auf
se Weise bis zu den gröfsten Entfernungen, die man für
sen Zweck nur verlangen kann, fortpflanzen lasse, so dafs
Verbindung von Petersburg und Paris durch dieses Mittel
it aufser dem Bereiche der Möglichkeit liegen würde. Zu-
hst kamen dann die Mittel der Elektricitäts-Erregung zur
ersuchung. Hierbei konnte es dem scharfsinnigen Forscher
it entgehn, dafs die einfache hydroelektrische Säule sich
bequemstes Mittel sogleich darbietet, wobei dann das Re-
at des bereits erwähnten Versuches, wonach zwei nur kleine
tten, durch eine mit reinem Wasser getränkte Papierscheibe
bunden, schon zur Ablenkung der gröfsten Magnetnadel
ügen, als unerwartetes Ergebnifs zum Vorschein kam; al-
dabei liefs sich bei tieferem Eingehen in das Wesen der
gabe nicht verkennen, dafs der durch einen Stahlmagnet
eugte elektrische Strom insofern einen Vorzug verdient,
dieser (bei gehöriger Behandlung) im Verlaufe einer län-
en Zeit nicht geschwächt wird und daher im Anfange und
tgange stets von gleicher Stärke zu erhalten ist. Da aber
jetzt bei einer etwa beabsichtigten Anwendung im Grofsen
t noch eine andere Schwierigkeit zu beseitigen ist, wie wir
d sehen werden, und aufserdem die neueren Erfahrungen
gten, was für mächtige elektrische Ströme durch kräftige

Magnete erregt werden können, so abstrahirte GAUSS vor Hand von der Aufsuchung einer zur Erregung der Magnet-Elektricität für diesen speciellen Fall geeigneten Maschine, wie der zu wählenden Chiffern, weil diese Aufgaben keineswegs unüberwindliche Schwierigkeiten in den Weg legen würden, und verfolgte einstweilen erst anderweitige wissenschaftliche Forschungen. Inzwischen brachte er eine Methode des Telegraphirens vermittelst Magneto-Elektricität in Anwendung, die wegen ihrer Einfachheit, Eleganz und Vollständigkeit vorzugsweise Beachtung verdient, wenn sie gleich geübtere Experimentatoren erfordert und für blofs mechanische Arbeiter sich nicht eignet.

Fig. 12. Das Magnetometer[1] von GAUSS besteht bekanntlich aus einem 18 bis 36 Zoll langen, 3 bis 6 Lin. dicken und 15 bis 24 Lin. breiten Magnetstabe, welcher vermittelst des Schiffchens CC entweder mit der breiten oder der schmalen Seite anfliegend und so, dafs diese Lagen gewechselt werden können, an einem im Torsionskreise BB befestigten Faden G schwebend aufgehangen ist. Das Schiffchen ist deswegen zum Umlegen des Magnetes eingerichtet, damit man den Spiegel genau mit seiner Ebene perpendiculär auf die magnetische Axe des Stabes richten kann, und der Torsionskreis dient dazu, statt des Magnetes einen diesem gleich gestalteten Messingstab, den sogenannten *Torsionsstab*, einzulegen und diesen durch Umdrehung des Torsionskreises in den magnetischen Meridian zu bringen, wodurch die Torsion des tragenden Fadens oder Drahtes aufgehoben wird. Bei bedeutender, etwa 10 bis 12 Fufs betragender Höhe und grofsem Gewichte des Magnetstabes wählt man zum Aufhängen einen Eisendraht von etwa doppelt so grofser Tragkraft, als das Gewicht des Stabes beträgt, im entgegengesetzten Falle und bei weitem am häufigsten eine Kette von Cocon-Fäden oder ungezwirnten Seidenfäden, indem man diese um zwei einander parallele,

---

1 Da dieser merkwürdige Apparat im Art. *Magnet* blofs im Allgemeinen beschrieben, aber nicht gezeichnet worden ist, so hole ich dieses um so mehr hier nach. Eine detaillirte Beschreibung findet man in: Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins im Jahre 1836. Herausgeg. von CARL FRIEDRICH GAUSS und WILHELM WEBER. Gött. 1837.

zwei Fuſs von einander abstehende Glasstäbe wickelt,
die so erhaltenen Glieder herabzieht und durch bloſses
ereinanderhängen verbindet, wobei die so gebildete Kette
nur etwa die doppelte Stärke des zu tragenden Gewich-
haben muſs. An dem einen Ende des Magnetstabes wird
Spiegelhalter FF mit seiner Hülse E aufgesteckt und durch
lemmschrauben, zwei an jeder schmalen Seite und zwei
der breiteren befindliche, in gehöriger Lage festgehalten;
Paare Correctionsschrauben, wovon nur das eine νν in
Zeichnung sichtbar ist, gestatten dann, den zwischen den
uthen verschiebbaren Klemmschrauben kkk festgehaltenen
gel ss mit seiner Ebene auf die magnetische Axe des Sta-
perpendiculär einzustellen. Um endlich den Magnetstab
den Fall, daſs die Declination sich im Laufe der Zeit
lich ändern sollte, in einer auf den magnetischen Meri-
senkrechten Richtung bewegen, zugleich auch die unaus-
bliche Verlängerung des ihn tragenden Fadens bequem cor-
en zu können, ist eine sinnreich ausgedachte, auch bei
anfänglichen Herstellung des Apparats sehr nützliche Vor-
tung gewählt. Ein Bret AA mit einer Nuth wird an der Fig. 13.
ke des Zimmers festgeschraubt. In der Nuth ist die Leiste
in einer auf den magnetischen Meridian lothrechten Rich-
verschiebbar und wird nach Herstellung der erforderli-
Lage durch eine seitwärts angebrachte hölzerne Klemm-
aube festgestellt. Von der Leiste gehn die beiden mes-
nen Träger E und E′ herab, in denen die Schraube T
stigt ist, über deren Windungen sich der tragende Faden
, und indem die Schraube mit ihrem Gewinde sich in dem
n Träger E′ stets ebenso viel vorwärts oder rückwärts
aubt, als der Faden nach der entgegengesetzten Seite wei-
rückt, so bleibt letzterer unverrückt an seinem ursprüng-
en Orte. Im magnetischen Meridiane, dem Spiegel ge-
über, in gehöriger Entfernung[1], befindet sich die Scale SS Fig. 14.
umgekehrten Zahlen, damit ein gerades, vom Spiegel re-
tirtes Bild im Fernrohre F gesehen werde. Vor dem Ob-
ive des Fernrohrs endlich hängt an einem dünnen dunk-
Faden ein kleines Senkel herab, so daſs dieser Faden,

1 Die normale für die correspondirenden Beobachtungen beträgt
leter von der Mitte der Dicke des Spiegels bis zur Scale.

welcher die Scale genau berührt und zugleich durch die sy-
metrische Axe des Fernrohrs geht, mit dem Faden, wo
der Magnetstab hängt, parallel, sich zugleich in der E
des magnetischen Meridians befindet, die magnetische Axe
Stabes schneidet und eine Abtheilung der Scale unverän
lich bezeichnet, von welcher das Magnetometer bei seinen
aufhörlichen Schwankungen östlich oder westlich abwe
Der Sicherheit wegen hängt der Magnetstab in einem Ka
durch dessen beweglichen, aus zwei Theilen zusamme
setzten Deckel der Faden durch eine nicht grofse, vermit
kleiner Deckel noch obendrein gegen Staub geschützte Oe
nung herabhängt und welcher dem Fernrohre gegenüber
eine Oeffnung etwa von der Gröfse des Spiegels hat, um
von letzterem reflectirten Scalentheile abzulesen. Dafs e
lich das Fernrohr mit einem Fadenkreuze versehn seyn mü
um vermittelst des verticalen Fadens desselben die Scalenth
scharf zu bezeichnen, darf blofs bemerkt werden.

Hat man eine deutliche Vorstellung von der Schärfe, m
welcher die Oscillationen eines so eingerichteten Magnet
sich beobachten lassen, so ist es nicht schwer, die sinnrei
Art, wie GAUSS diesen Apparat zum Telegraphiren ben
klar zu übersehn. In dem Kasten des Magnetometers ist
beiden Seiten des Stabes ein Rahmen befestigt, dessen b
Theile an dem Ende, wo sich der Spiegelhalter befindet, z
bis vier Zoll von einander abstehn, am andern Ende aber
berühren. Um eine Rinne in den äufseren Kanten dieses Ra
mens ist der Draht des Multiplicators so gewunden, dafs d
Stab, von diesen Windungen umgeben, zwischen ihnen osc
lirt. Man begreift bald, dafs auf gleiche Weise, als die g
ringsten Schwankungen des Magnetes in Folge des langen R
dius ausnehmend vergröfsert im Fernrohre wahrgenomme
werden, auch die östlichen und westlichen Abweichungen de
selben, wenn ein elektrischer Strom den Multiplicator durch
läuft, sofort wahrnehmbar seyn müssen. Bis soweit entfe
sich jedoch die Einrichtung nicht von der gewöhnlichen u
bekannten; überraschend aber wegen der Mannigfaltigkeit d
Zeichen, welche GAUSS durch die einfachsten Mittel zu e
halten wufste, ist diejenige Art des Telegraphirens, deren e
sich gewöhnlich bedient. Der Magnetstab ist zwar nie abs
lut ruhig, sondern oscillirt in Folge der unausgesetzten Var

der Declination fortwährend, allein diese Oscillationen sind
ım, indem eine jede Schwingung grofser Stäbe 20 bis
ecunden dauert; wenn aber ein elektrischer Strom den
plicator durchläuft, so zeigt sich vermittelst dieser Vor-
ing augenfällig, dafs die auf den Magnet hierdurch her-
ebrachte Wirkung nur auf ein verschwindendes Zeitmo-
beschränkt ist, denn die Bewegung ist eine augenblick-
, gleichsam ein Zucken, wodurch der Magnetstab plötz-
zur Seite gestofsen wird. Ist dann die elektrische Erre-
gleichfalls eine momentane, sofort wieder aufhörende, so
ıt auch der Magnetstab nach der beobachteten Zuckung
er zur Ruhe oder zu seinen gewöhnlichen Oscillationen
k; allein man begreift bald, dafs diese Zuckungen sich
liebig kurzen Intervallen wiederholen müssen, sobald es
ich ist, die elektrischen Erregungen auf gleiche Weise
iederholen. Man kann zwar leicht mit der von Schil-
v. Canstadt gebrauchten Scheibe die einzelnen Dre-
en ziemlich schnell wiederholen und diesemnach mit ei-
einzigen eine hinlängliche Menge von Combinationen er-
n, wenn man z. B. das Erscheinen des verticalen Strei-
lurch A, des horizontalen durch B, zwei folgende des
calen durch C, zwei des horizontalen durch D u. s. w. be-
net oder noch einfacher diese Combinationen als Zahlen
chtet, allein dieses ist auf jeden Fall länger dauernd und
ter Verwirrung erzeugend, als die sogleich zu beschrei-
e sinnreiche Methode. Wenn man die der westlichen
eichung des Magnetstabes zugehörenden, mit der Zahlen-
der Scalentheile fortlaufenden Zuckungen durch +, die
egengesetzten durch — bezeichnet, so kann man eine be-
ge Menge zu + oder zu — gehörige auf einander folgen
beide mit einander wechseln lassen und hat auf diese
se eine genügende Menge von Combinationen unmittelbar
ben. Die Aufgabe kommt also darauf zurück, elektrische
me in möglichster Schnelligkeit nach einander zu erregen;
die dadurch erzeugten Zuckungen sind so auffallend, dafs
von jedem, wenn auch ungeübten, Beobachter leicht und
u erkannt werden.

Der Methoden, um durch einen Stahlmagnet einen elek-
hen Strom zu erzeugen, giebt es verschiedene, und da
er Zweig der Wissenschaft noch neu ist, so läfst sich er-

warten, dafs die hierzu geeigneten Vorrichtungen noch z
reiche Verbesserungen und Vervielfältigungen erhalten w
den; auf jeden Fall ist noch keine Maschine bekannt,
hierfür allgemein als die tauglichste angesehn würde. So
daher unser Werk zunächst nicht dazu bestimmt ist, N
aufzusuchen, sondern vielmehr das Bekannte systematisch zu
menzustellen, kann die Bestimmung einer hierzu am mei
geeigneten Vorrichtung nicht eigentlich gefordert werden;
zwischen wird man es nicht überflüssig finden, wenn ich aus
bisher bekannt Gewordenen einige hierauf bezügliche
angebe. GAUSS wendet ein neues und ihm eigenthümli
für seine Zwecke sehr geeignetes Verfahren an. Ein
Fig. 15. zwei starke magnetische Stahlstäbe SS, jeder 25 Pfund
darüber schwer, stehn lothrecht in einer Art Schemel, mit
Nordpole die Erde berührend. Die obere Platte des Sche
welche fast bis in die Mitte der Stäbe reicht, ist zur Verh
des harten Aufstofsens gepolstert, was jedoch begreiflich
Wesen der Sache nicht gehört. Auf diese Stäbe ist ein
zerner Rahmen rr mit zwei starken Handhaben gescho
um welchen übersponnener Kupferdraht von geeigneter Di
in hinlänglich zahlreichen, vielen Windungen gewickelt
und dessen Weite eine schnelle Bewegung auf den Stä
gestattet. Die beiden Enden des Drahtes führen vermitt
dünnerer Verbindungsdrähte bis zu den Enden des Multi
cators, in welchem das Magnetometer frei schwebt. Befin
sich der Rahmen mit dem umgewundenen Kupferdrahte,
einem Worte der *Inductions-Multiplicator*, in der Mitte
Ruhe, so kommt bekanntlich keine Inductionselektricität
Vorschein, bewegt man ihn aber schnell zum Südpole od
überhaupt nach einem Ende hin, so entsteht im Inductio
Multiplicator ein elektrischer Strom, welcher den elektrischen Mu
tiplicator durchläuft und den Magnetstab desto stärker zur Ab
weichung bringt, je schneller und über einen je länger
Raum des Magnetstabes man den Rahmen hinführt.
scheint, als gebe ein möglichst schnelles Herabziehen des In
ductionsmultiplicators vom Magnetstabe über eines seiner En
den (Pole) hinaus die Grenze der Stärke eines solchen elektr
schen Stromes; allein sie läfst sich vielmehr noch verdoppeln
wenn man die Fertigkeit besitzt, den schnell über das Ende
des Magnetstabes hinausgehobenen Inductionsmultiplicator eben

seh in der Luft umzukehren und wieder über den Pol
Magnetstabes zurückzuführen. Es folgt dieses zwar aus
Natur der Sache von selbst, allein eben diese einfachsten
aben werden meistens am spätesten gelöst. GAUSS hat
ndefs in der Anstellung des angegebenen Experiments zu
r solchen Fertigkeit gebracht, dafs der dadurch erzeugte
trische Strom nicht blofs das Magnetometer in übergrofse
vankungen versetzt, sondern auch ganz eigentlich uner-
ich auf die Nerven, namentlich des Gesichtes, wirkt. Aus
Mitgetheilten folgt von selbst, dafs die durch eine Be-
ing des Inductionsmultiplicators erzeugte Wirkung durch
unmittelbar und gleich schnell in entgegengesetzter Rich-
folgende wieder aufgehoben, folglich durch beide ver-
das Magnetometer vielmehr zur Ruhe gebracht wird; wenn
dagegen nach der ersten Bewegung einen Augenblick ruht,
ie Zuckung des Magnetometers deutlich wahrgenommen worden
dann eine Bewegung in entgegengesetzter Richtung macht,
wird dadurch eine Zuckung in entgegengesetzter Richtung
ugt, und hieraus folgt dann von selbst, da eine schnelle
vegung über einen nicht sehr grofsen Theil des Magnet-
es schon hinreicht, um eine Zuckung hervorzubringen,
man eine grofse Zahl auf einander folgender Zuckungen
nach der einen, bald nach der andern Seite hin erzeugen
durch Combination derselben die Zeichen nach Belieben
vielfältigen kann.

Sonstige zum Telegraphiren durch Magneto-Elektricität
gnete Vorrichtungen finde ich nicht angegeben, es folgt
r von selbst, dafs dazu alle diejenigen dienen können, die
schnellen Erzeugung eines momentanen elektrischen Stro-
geeignet sind; zunächst könnte man dazu also die von
ADAY angegebene Trommel oder irgend einen der bereits
chriebenen[1] magnetoelektrischen Apparate oder die durch
CTON und durch CLARCKE angegebenen Maschinen[2], unter
öriger Modification, verwenden. Weil aber keine bisher
annt gewordene Construction solcher Maschinen einen kräf-
rn magnetoelektrischen Strom erzeugt, als die durch v. ET-

1 S. Art. *Magnet*; *Magneto-Elektricität*. Bd. VI. S. 1167.
2 London and Edinburgh Philos. Magazine. N. LIV. p. 262. N.
. p. 360.

TINGSHAUSEN bei der Versammlung der Naturforscher u
Aerzte zu Prag vorgezeigte, und leicht ein Mechanismus au
finden seyn würde, um den Anker mit dem Inductionsmu
plicator schnell unter die Pole der Magnete zu stofsen u
darunter wegzureifsen, um einen momentanen elektrisch
Strom zu erzeugen, falls man diesem einen Vorzug vor ein
dauernden zu geben sich veranlafst fände, so theile ich
um so lieber eine Beschreibung derselben mit, als sie il
entschiedenen Vorzüge wegen allgemeiner gekannt zu wer
verdient[1].

Fig. 16. A A ist ein eichenes Bret, mit einem ihm parallel l
fenden zweiten BB, zwischen denen ein aus zwei horizo
liegenden und zwei vertical stehenden Bretern bestehender K
sten vermittelst einer Holzschraube rück- und vorwärts s
bewegen läfst. In dem Zwischenraume befindet sich die d
einen Würtel drehbare Scheibe, mit der Schnur ohne E
welche letztere zugleich um die kleine Scheibe am Anker g
schlungen ist und zur schnellen Umdrehung desselben u
seine verticale Axe dient, wobei durch Zurückschrauben d
Behälters der grofsen Scheibe die Schnur gehörig gespannt w
den kann. Ein Träger T auf dem genannten obersten Br
trägt das Tischchen mm, auf welchem die Magnete lie
und welches man vermittelst der beiden Schrauben ff er
heben oder senken kann, um die oberen Enden des An
der unteren Fläche der magnetischen Hauptlamelle mehr zu
hern oder weiter davon zu entfernen. Die angewandten M
gnete können gröfser oder kleiner seyn; bei der beschrieben
Maschine haben die Schenkel aller Magnete 2 Par. Zoll Br
und ebenso viel Abstand von einander. Unten liegt eine gr
fse Lamelle von 18 Z. Länge und 6 Lin. Dicke, flach üb
ihr, beider Krümmungen sich deckend, eine zweite, 14
lang und 4 Lin. dick, und auf den hervorstehenden End
der unteren sind 6 bis 9 andere Lamellen, 12 Z. lang u
fast 3 Lin. dick, vertical aufgerichtet, so dafs durch Verei
gung aller gleichnamiger Pole die magnetische Kraft möglich
verstärkt wird. Die sämmtlichen Magnete werden durch d
Bret bb, mit einem am Ende desselben befindlichen Kaste

1 Die Zeichnung ist nach einem Exemplare gemacht, welches ic
dem in Prag gesehenen hier nachbilden liefs.

dem Tischchen festgehalten, indem eine Schraube aa von
Bretchen bb durch die Platte m des Tischchens herab-
und die beiden grofsen Lamellen festklemmt, zwei an-
Schrauben aber, von denen nur die eine v in der Zeich-
sichtbar ist, sämmtlich von Holz, in der hinteren Wand
Kästchens k drehbar, die vertical stehenden Lamellen ge-
die vordere Wand des Kästchens drücken. Der wesent-
Theil des Apparates ist der Anker. Dieser, massiv von
ruht mit seiner konischen Spitze in einem Lager von
Glockenspeise, welches in das untere Bret eingelassen ist,
folgt von unten aufwärts die kleine Rolle, über diesen
die Spindel einen doppelten Conus, dessen kleinere Flä-
zusammenstofsen und in einem Lager am oberen Brete
vermittelst zweier Schrauben so festgehalten werden, dafs
ein Heben des Ankers in Folge der magnetischen An-
unmöglich gemacht und somit ein unangenehmes Klap-
vermieden wird. Hierüber befindet sich ein dickerer,
2 Zoll hoher Theil α des Ankers, welcher die dem gan-
Anker mitgetheilte Elektricität annimmt und diese an den
Leitungsdraht abgiebt. Die untere Hälfte des Theiles α ist bis
Mitte, doch so, dafs die Spindel ihre gehörige Dicke be-
weggenommen, damit die Wirkung der je zweiten Ver-
der Inductionsmultiplicatoren mit dem Magnete weg-
und damit die Umkehrung des elektrischen Stromes ver-
wird, die obere Hälfte hat eine auf diesen Ausschnitt
recht gerichtete Vertiefung, wie eine hohle Halbkugel von
Radius, in welche der eine Leitungsdraht schlägt, um
Funken energischer hervorzulocken. Ueber diesem Theile
Ankers befindet sich eine zweite Erhöhung β, die aus ei-
1 Lin. dicken eisernen Ringe über einer Unterlage von
besteht, wobei letzteres zur Isolirung dient. Der obere
Balken des Ankers γγ ist für sich aus der Zeichnung
lich, und in diesen sind dann die eisernen Cylinder ge-
bracht, die zu Trägern der Inductionsmultiplicatoren λλ
von denen die einen Enden in zwei Löcher im Bal-
γγ festgesteckt sind, die andern im isolirten Ringe β.
Hinsichtlich der letzteren Vorrichtung unterscheiden sich die
den zu einer vollständigen Maschine gehörigen Anker. Der
Quantitätsanker genannt, hat über dem Theile β noch
Fortsetzung der Spindel, weil die Cylinder der Inductions-

Multiplicatoren nur eine Höhe von 13 Lin. haben. Um d
wird dicker übersponnener Kupferdraht von No. 1, nur 5 E
lang, unmittelbar gewunden. Dem zweiten Anker, Intens
Anker genannt, weil er einer zusammengesetzten Volta's
Säule und weniger, als der erstere, der einfachen gleicht, i
die Verlängerung der Spindel; der Balken γγ beginnt
über dem Stücke δ, die eisernen Cylinder sind so viel lä
und mit messingnen Hülsen versehn, zwischen deren I
scheiben der übersponnene Kupferdraht, 150 Ellen lang,
wunden ist. Wenn dann der Anker unter den Magneten sch
um, seine verticale Axe gedreht und dadurch in den Inducti
Multiplicatoren Elektricität erregt wird, so strömt diese,
eine durch die zwei Enden der Drähte in den Balken γγ
theilt sich dem ganzen Anker mit, die andere dagegen in
durch Holz isolirten Ring β. Es sind dann auf dem B
B B, rechts und links vom Anker und mit diesem in einer
ticalen Ebene befindlich, zwei kleine messingne Säulen δ
gerichtet, jede an ihrer Vorderseite mit 6 Löchern vers
um Drähte hineinzustecken, vermittelst kleiner Schrauben
zuklemmen, und wenn dann der Draht der einen Säule
dem nicht isolirten Theile α des Ankers, der Draht der
dern Säule aber mit dem isolirten Ringe β in Berührung
setzt wird, so geht die ungleiche Elektricität beider auf
die Säulen über und ein beide verbindender Draht dient
als Rheophor. Am auffallendsten bei dieser Maschine ist,
die Isolirung blofs durch Holz bewerkstelligt wird, was
so mehr Bewunderung verdient, da der erregte elektri
Strom einen feinen Platindraht von etwa 0,05 bis 0,1 Lin.
augenblicklich zum Glühen bringt, eine den Anker berühr
Stahlfeder unter stetem Funkensprühen verbrennt und,
geeignete Conductoren den Händen zugeführt, eine durch
unerträgliche, krampfhafte Zusammenziehungen erzeugende Wi
kung hervorbringt.

Nach dieser die mir bis jetzt bekannt gewordenen Th
sachen zusammenfassenden Uebersicht scheint es wohl ausg
macht, dafs die Erregung der Elektricität durch einen Mag
für den Zweck des Telegraphirens doch die geeignetste
dürfte, worüber indefs für eine wirkliche Ausführung im
fsen erst eigens angestellte Versuche entscheiden müfsten,
in diesem Umstande liegt kein wesentliches, kaum ein

ıtung werthes Hindernifs. Ebenso wenig wird es der heu-
Technik schwer werden, einen bequemen Mechanismus
finden, die Enden der Leitungsdrähte mit der Quelle des
rischen Stromes in Berührung zu bringen, da man sie z.
ur durch Tasten an die Träger der Elektricität, bei einer
a'schen Säule unmittelbar drücken könnte, wie bei den in
chen, nach öffentlichen Blättern, durch STEINHEIL angestellten
raphischen Versuchen der Fall gewesen zu seyn scheint. Lei-
iegt aber noch ein gewichtiges und bis jetzt noch nicht besei-
Hindernifs in einem andern Umstande. Wie lang nämlich die
eitungsdrähte auch seyn mögen, so leiten sie den elektrischen
n nach den bisherigen Erfahrungen ungeschwächt, so lange
lurch die Luft fortgeführt werden; gräbt man sie aber in
Erde, was doch für sehr weite Strecken unvermeidlich ist,
eht hierdurch die Isolirung verloren, mindestens soll die-
wie mir gesagt wurde, das Resultat der Versuche im Gro-
gewesen seyn, welche SCHILLING v. CANSTADT mit v.
QUIN in Wien angestellt hat. Ob die Engländer, welche
mit der Anlage elektrischer Telegraphen ernstlich be-
ftigt sind, dieses Hindernifs bereits überwunden haben,
ob das Mittel, welches WHEATSTONE auf der Linie von Bir-
gham bis Manchester gewählt haben soll, nämlich Um-
kelung der kupfernen Leitungsdrähte mit Caoutchuk, das
rderliche wirklich leistet, oder welche sonstige Substanzen
Isolirung gewählt werden können, mufs die Zukunft ent-
iden. Wenn man aber überlegt, wie viel durch diese Art
Telegraphirens mit Leichtigkeit erzielt werden kann, in-
man leicht durch einen geeigneten Mechanismus vermit-
einer bewegten Magnetnadel eine Vorrichtung in Bewe-
g setzen könnte, um selbst einen schlafenden Beobachter
nerksam zu machen, der dann sofort durch ein einfaches
hen rückwärts andeutete, dafs er den Telegraphen beob-
e, dafs man bei Tage und bei Nacht ohne irgend ein Hin-
nifs der Witterung in unmefsbar kurzer Zeit die erforder-
en Chiffern auf die gröfste Entfernung fortzupflanzen ver-
hte, und wenn man hiermit die geringen Kosten von einigen
ndert Centnern Kupferdraht (welcher wegen etwa fünffacher
tungsfähigkeit den Vorzug vor dem Eisen verdient), die
ngfügige Arbeit des Eingrabens und die Einfachheit der an-
vendenden Telegraphen zusammenstellt, so mufs man wün-

oder, wenn man die Grössen unter dem Wurzelzeichen ...

$$(a-r)\alpha-(r-\alpha)a=\frac{(r-a)(r-\alpha)}{2r}\left(\frac{1}{a}+\frac{1}{\alpha}\right)x^2,$$

woraus endlich für die gesuchte Distanz α des Puncts folgt

$$\alpha=\frac{ar}{2a-r}+\frac{(r-a)(r-\alpha)}{2r(2a-r)}\cdot\left(\frac{1}{a}+\frac{1}{\alpha}\right)x^2\ldots\text{(I)}$$

Diese Gleichung zeigt, dafs der Werth von α aus ... wesentlich von einander verschiedenen Theilen besteht, ... welchen der erste eine endliche Gröfse, der andere aber eine unendlichkleine zu betrachten ist, wenn nämlich die ... fernung PM = x des äufsersten, auf den Spiegel falle... Strahls von der Axe CA desselben oder wenn die sogen... *Oeffnung* des Spiegels gegen den Halbmesser r desselben ... klein angenommen wird. Ist diese Oeffnung so klein, ... jener zweite Theil völlig vernachlässigt werden kann, oder ... trachtet man blofs die der Axe zunächst einfallenden, ... die *Centralstrahlen*, so giebt die letzte Gleichung

$$\alpha=\frac{ar}{2a-r}$$

oder

$$\frac{2}{r}=\frac{1}{a}+\frac{1}{\alpha}\ldots\text{(II)}$$

und diese Gleichung (II) giebt die Abhängigkeit der Grö... a, α und r für die Centralstrahlen.

Ist a unendlich grofs, d. h. fallen die Strahlen, aus ei... unendlich entfernten leuchtenden Puncte kommend, par... mit der Axe auf den Spiegel, so ist nach der Gleichung (II)

$$\alpha=\tfrac{1}{2}r$$

oder alle der Axe parallel und ihr sehr nahe einfallend... Strahlen vereinigen sich nach der Reflexion in einer Entf... nung F vor dem Spiegel, die gleich dem halben Halbmesser des Spiegels ist. Man nennt diesen Punct F den *Brennpunct* und die Entfernung AF = ½r die *Brennweite* des Spiegels. Bezeichnet man also die Brennweite des Spiegels durch p, ... hat man

$$\frac{1}{p}=\frac{1}{a}+\frac{1}{\alpha}\ldots\text{(III)}$$

se Gleichung, die man auch für die Refraction des Lichts
Glaslinsen findet[1].

Die Gleichung (II) oder der Ausdruck

$$\alpha = \frac{ar}{2a - r}$$

t die Erklärung aller Erscheinungen, welche man bei
, hohlen und erhabenen sphärischen Spiegeln beobach-
venn die Strahlen aus einer grofsen Entfernung kommen
er Axe sehr nahe einfallen; also

) *Für den Hohlspiegel.* So lange 2a gröfser als r, ist
tiv, oder die Strahlen vereinigen sich nach der Re-
in einem Puncte der Axe, welcher vor dem Spiegel
gen E liegt. Ist a gleich r, so ist auch $\alpha = r$, oder
der leuchtende Punct im Centrum der Kugel liegt, so
alle Strahlen nach der Reflexion wieder in dieses Cen-
zurück. Ist a kleiner als ½r, oder liegt der leuchtende
zwischen dem Brennpuncte F und dem Spiegel A, so
negativ, oder die Strahlen werden *divergirend* reflectirt,
sie aus einem Puncte hinter dem Spiegel kämen. Ist
h a = AE negativ oder fallen die Strahlen convergi-
auf den Spiegel, so ist α positiv oder sie vereinigen
ach der Reflexion in einem Puncte vor dem Spiegel.

) *Für convexe Spiegel.* Für diese ist, wie gesagt, die
r in den vorhergehenden Ausdrücken negativ zu neh-
Ist a positiv oder steht der leuchtende Punct vor dem
l, so ist α negativ, d. h. das Bild desselben steht hin-
m Spiegel, oder die Strahlen werden dann divergirend
irt, als ob sie aus einem hinter dem Spiegel liegenden
kämen. Ist aber a negativ und kleiner als ½r, so ist
tiv. Die Brennweite p dieser convexen Spiegel endlich
gativ oder, wie man sagt, imaginär, da

$$p = -\tfrac{1}{2}r$$

daher diese Spiegel nicht zu Brennspiegeln[2] geeignet

) *Für ebene Spiegel.* Für diese ist r = ∞, also auch
− a, oder die Strahlen werden von einem ebenen Spie-

---

[1] Vergl. Art. Linsengläs. Bd. VI. S. 382.
[2] Vergl. Artt. Brennspiegel, Hohlspiegel, Kugelspiegel.



wenn m

—r),

endl

$\frac{\ }{2}$

gel unter demselben ...
ir divergirend reflectirt ...
der ebenso weit hinter ...
Punkt vor demselben ...

E. Abweichung ...

Betrachten wir nun ...
chung (I), den wir ...
wollen, so dass nun ...

$\Gamma =$ ...

... Ausdruck nun in diesem Aus...
... (II), und überdiess der ...

$\Gamma = -$ ...

Vereinigungsweite ... und ... der Vereinigung ... der Axe ... Strahlen ...

und ...

...

... die Grösse ... Spiegels ... Punkt ... Strahlen ...

diese Flächen die Ei-
tralstrahlen in einen ganz
als die Randstrahlen, und
wei Puncte im Allgemeinen
ch die halbe Oeffnung MP
sehr klein ist. Diesem
schon sehr früh nach der
rauf bedacht, andere Flächen
haft haben, dafs sie die Cen-
sämmtlich in denselben Punct
man hat bald gefunden, dafs
wohl durch Hülfe der Geometrie
timmen lassen, dafs aber ihre
Künstler so gut als unmöglich
zu den Kugelflächen zurückgehn
er hier erforderlichen Genauigkeit
t diese Gröfse V die *Abweichung*
Spiegels oder auch die *sphäri-*
ist daher nur noch übrig, diese
der Kugel nicht ganz wegbringen
oder so unschädlich als möglich zu

uerst, dafs diese Abweichung, welche
linsen für dioptrische Fernröhre ge-
von Kugelflächen begrenzt werden, bei
einen viel kleiner ist als bei den Lin-
ele Strahlen, wo $a = \infty$ ist, hat man
katoptrische Fernröhre nach dem Vor-

$$= \frac{x^2}{8p} = 0{,}125\,\frac{x^2}{p},$$

, welche dieselbe Oeffnung $2x$ und die-
t, ist diese Abweichung[1]

$$V = \frac{\mu^2 . x^2}{2(1-\mu)^2 . p}.$$

letzten Gleichung das Brechungsverhält-
dem Glase statt zu haben pflegt, $\mu = 0{,}58$, so

[1] ...englas. Bd. VI. S. 399.

gel unter derselben Neigung, in welcher sie auffielen, und so divergirend reflectirt, als ob sie aus einem Puncte kä[me], der ebenso weit hinter dem Spiegel liegt, als der leucht[ende] Punct vor demselben ist.

B. Abweichung wegen der Gestalt.

Betrachten wir nun auch den zweiten Theil der G[lei]chung (I), den wir der Kürze wegen durch V bezeic[hnen] wollen, so dafs man hat

$$V = \frac{(r-a)(r-\alpha)}{2r(2a-r)} \cdot \left(\frac{1}{a}+\frac{1}{\alpha}\right) x^2.$$

Substituirt man in diesem Ausdrucke statt $\frac{1}{a}+\frac{1}{\alpha}$ die G[röfse] $\frac{1}{p}$ aus (III) und überdiefs den Werth von r aus (II), so [erhält] man

$$V = -\frac{(a-\alpha)^2 \cdot x^2}{8a^2 p} \ldots \text{(IV)}$$

Bezeichnet also f den Vereinigungspunct der nahe bei der [Axe] und F der weiter von der Axe oder der am Rande des S[pie]gels einfallenden Strahlen, so ist nach der Gleichung (II)

$$Af = \alpha = \frac{ar}{2a-r}$$

und überdiefs nach (IV)

$$fF = V = \frac{(a-\alpha)^2 \cdot x^2}{8a^2 p},$$

wo $p = \frac{1}{2}r$ die Brennweite des Spiegels bezeichnet.

Diese Gröfse V ist also derjenige Theil der Axe, au[f wel]chem die aus dem Puncte E kommenden und von dem [Spie]gel reflectirten Strahlen zerstreut werden, indem die de[r Axe] zunächst einfallenden Strahlen nach f und die den [Rand] des Spiegels treffenden Strahlen nach F zurückgeworfen [wer]den. Diese Zerstreuung Ff = V sollte aber eigentlich [gleich] Null seyn, da nur dann das Bild, welches der Spiegel [von] dem leuchtenden Puncte E entwirft, wieder ein einziger [Punct] seyn wird, was offenbar erforderlich ist, wenn der S[piegel] von jedem leuchtenden Puncte ein bestimmtes und reine[s Bild] geben soll. Die Kugelflächen sind also der Art, dafs sie

selbst reines Bild geben können, da diese Flächen die Eigenschaft haben, daſs sie die Centralstrahlen in einen ganz andern Punct der Axe reflectiren, als die Randstrahlen, und daſs die Distanz $Ff = V$ dieser zwei Puncte im Allgemeinen nur dann sehr klein ist, wenn auch die halbe Oeffnung MP oder MA, d. h. wenn die Gröſse x sehr klein ist. Diesem Uebelstande abzuhelfen, war man schon sehr früh nach der Erfindung der Spiegelteleskope darauf bedacht, andere Flächen zu suchen, welche die Eigenschaft haben, daſs sie die Centralstrahlen so wie die Randstrahlen sämmtlich in denselben Punct der Axe zurückwerfen. Allein man hat bald gefunden, daſs diese krummen Flächen sich wohl durch Hülfe der Geometrie in der Theorie sehr leicht bestimmen lassen, daſs aber ihre praktische Ausführung für den Künstler so gut als unmöglich ist, so daſs man also wieder zu den Kugelflächen zurückgehn musste, die sich allein mit der hier erforderlichen Genauigkeit schleifen lassen. Man nennt diese Gröſse V die *Abweichung wegen der Kugelgestalt* des Spiegels oder auch die *sphärische Abweichung*, und es ist daher nur noch übrig, diese Abweichung, die man bei der Kugel nicht ganz wegbringen kann, wenigstens so klein oder so unschädlich als möglich zu machen.

Bemerken wir hier zuerst, daſs diese Abweichung, welche die Spiegel mit den Glaslinsen für dioptrische Fernröhre gemein haben, da beide von Kugelflächen begrenzt werden, bei den Spiegeln im Allgemeinen viel kleiner ist als bei den Linsen. Denn für parallele Strahlen, wo $a = \infty$ ist, hat man für Spiegel oder für katoptrische Fernröhre nach dem Vorhergehenden

$$V = \frac{x^2}{8p} = 0{,}125\,\frac{x^2}{p},$$

für eine Linse aber, welche dieselbe Oeffnung $2x$ und dieselbe Brennweite hat, ist diese Abweichung[1]

$$V' = \frac{\mu^2 . x^2}{2(1-\mu)^2 . p}.$$

Setzt man in der letzten Gleichung das Brechungsverhältniss, wie es bei dem Glase statt zu haben pflegt, $\mu = 0{,}58$, so erhält man

1 S. Art. *Linsenglas*. Bd. VI. S. 399.

$$V' = 0{,}952\,\frac{x^2}{p}$$

und daher

$$\frac{V'}{V} = \frac{0{,}952}{0{,}125} = 7\tfrac{3}{5}$$

oder die sphärische Abweichung ist bei Linsen $7\frac{3}{5}$mal
als bei Spiegeln. Daraus folgt, dafs die Spiegel in di
ziehung einen grofsen Vorzug vor den Linsen haben,
für dieselbe Brennweite p eine viel gröfsere Oeffnung
tragen. Ein anderer, wohl noch gröfserer Vortheil d
besteht darin, dafs sie das Licht nicht, wie die Linsen,
ne einzelnen Farben zerlegen und dafs daher die ch
sche Abweichung[1] bei den Spiegeln ganz wegfällt.

Dafür scheinen sie aber einen weit gröfseren Theil
sie einfallenden Lichts zu absorbiren, als die Linsen, w
daher das von ihnen entworfene Bild nicht mehr diesel
ligkeit hat, wie bei Linsen von gleicher Oeffnung.
sind auch die Metallspiegel von hoher Politur, wenn
freien Luft ausgesetzt werden, der Oxydation an ihrer
fläche unterworfen, wodurch sie oft gänzlich unbrauchba
den. Wenn die Oeffnung des Spiegels nur klein ist,
der Winkel MFA, unter welchem die Randstrahlen na
rer Reflexion die Axe schneiden,

$$MFA = \frac{PM}{PF} = \frac{x}{\alpha},$$

wie bei den Linsen. Zieht man durch den Vereinig
punct f der Centralstrahlen ein Loth fS auf die Axe und
längert den äufsersten Reflexionsstrahl MF, bis er diese
in S schneidet, so gehen alle von E austretenden Str
die auf den Spiegel MAM' fallen, nach ihrer Reflexion d
einen kleinen Kreis, dessen Mittelpunct f und dessen H
messer fS ist. Man nennt diesen Halbmesser, den wir d
R bezeichnen wollen, die *Seitenabweichung* des Spie
während Ff = V die *Längenabweichung* desselben h
Diese Seitenabweichung hat zu ihrem Ausdruck

$$R = fF\,.\,\mathrm{Tang.}\,fFS = \frac{(a-\alpha)^2}{8a^2\alpha}\,.\,\frac{x^3}{p}.$$

1 S. Art. *Linsenglas.* Bd. VI. S. 393.

phärische Abweichung eines Systems von Spiegeln.

a aber unsere Teleskope gewöhnlich aus mehreren Spie- estehn, so müssen wir auch die Abweichung eines Sy- von Spiegeln näher kennen lernen. Zu diesem Zwecke wir wieder dieselben allgemeinen Ausdrücke, die wir oben [1] angeführt haben, mit derselben Bedeutung der gebrauchten Zeichen a, a', a''... α, α', α''... u. s. w. ier voraussetzen. Diesem gemäſs nehmen wir die Buch- P, P', P''.. so an:

$$P = \frac{\mu}{p}\left(\frac{\lambda}{p^2} + \frac{\nu}{a\alpha}\right)$$

$$P' = \frac{\mu'}{p'}\left(\frac{\lambda'}{p'^2} + \frac{\nu'}{a'\alpha'}\right)$$

$$P'' = \frac{\mu''}{p''}\left(\frac{\lambda''}{p''} + \frac{\nu''}{a''\alpha''}\right) \text{ u. s w.,}$$

ist nach der angeführten Gleichung (III) [2] die *Seitenabwei-* oder der Halbmesser R für eine Linse

$$R = \frac{a x^3}{4p} . P,$$

wei Linsen

$$R' = \frac{\alpha x^3}{4p'}\left(P + \left(\frac{a'}{\alpha}\right)^4 . P'\right),$$

ei Linsen

$$R'' = \frac{\alpha' x^3}{4p''}\left(P + \left(\frac{a'}{\alpha}\right)^4 P' + \left(\frac{a'a''}{\alpha\alpha'}\right)^4 P''\right)$$

so fort. Drückt nun m die Vergröſserung dieses Linsen- ns aus, und ist h die Entfernung (nahe 8 Zoll), in wel- ein gutes, unbewaffnetes Auge die kleinsten Theile der nstände noch erblickt, so ist für eine Linse

---

[1] S. Art. *Mikroskop.* Bd. VI. S. 2194.

[2] Man bemerke, daſs in dem zweiten Gliede der zweiten Glei- (III) durch einen Druckfehler der Factor $\left(\frac{a'}{\alpha}\right)^4$ weggelassen ist, ſs dieses Glied gleich

$$\left(\frac{a'}{\alpha}\right)^4 . \frac{\mu'}{p'}\left(\frac{\lambda'}{p'^2} + \frac{\nu'}{a'\alpha'}\right)$$

tzen ist.

$$m = \frac{h}{p}$$

und für zwei

$$m = -\frac{h}{a}, \text{ so wie } p' = \frac{\alpha h}{a m}.$$

Dieses vorausgesetzt hat man daher für jede Anzahl Linsen

$$R = \frac{m a x^3}{4h}[P + \left(\frac{a'}{\alpha}\right)^4 . P' + \left(\frac{a'a''}{\alpha\alpha'}\right)^4 . P'' + \left(\frac{a'a''a'''}{\alpha\alpha'\alpha''}\right)^4 . P'''$$

Wir wollen diesen für ein System von Linsen erhal Ausdruck auf eine gegebene Anzahl von Spiegeln anzuwe suchen. Zu diesem Zwecke seyen A und B zwei Hohlspiege deren gemeinschaftliche Axe AB. Die Brennweite des e Spiegels sey p und a die Distanz des leuchtenden P von diesem Spiegel. Nach der Reflexion sollen die Str die nahe bei der Axe auf den Spiegel A fallen, diese A F, die Strahlen aber, die unter der Distanz x von der A den Spiegel fallen, dieselbe Axe in f treffen, so dafs nach dem Vorhergehenden für die Längenabweichung V ben wird

Fig. 18.

$$Ff = V = -\frac{(a - \alpha)^2 x^2}{8a^2 p}.$$

Des zweiten Spiegels B Brennweite sey p' und seine Oeffnung

$$x' = \frac{a' x}{\alpha}.$$

Die aus F und f kommenden Centralstrahlen sollen von sem zweiten Spiegel resp. in G und γ die Axe treffen die aus f kommenden, aber auf den Spiegel in der Entfe x' von der Axe auffallenden Strahlen sollen nach ihrer R xion die Axe in g treffen, so dafs demnach Gg die ge Längenabweichung beider Spiegel seyn wird. Es ist abe

$$\frac{1}{p'} = \frac{1}{a'} + \frac{1}{\alpha'},$$

also auch

$$\partial\alpha' = -\frac{\alpha'^2}{a'^2} . \partial a'.$$

Setzt man demnach $Ff = \partial a'$, so wird $G\gamma = \partial\alpha'$ seyn, man wird haben

$$G\gamma = -\frac{\alpha'^2}{a'^2} \cdot \frac{(a-\alpha)^2}{8a^2 p} \cdot x^2.$$

Die Längenabweichung aber, die bloſs vom zweiten Spiegel abhängt, wird $g\gamma$ seyn, und man wird den Ausdruck für $g\gamma$ erhalten, wenn man in dem obigen Ausdrucke von Ff

die Gröſsen a, α, p, x
in a', α', p', x'

verwandelt, so daſs man hat

$$g\gamma = -\frac{(a'-\alpha')^2 x'^2}{8a'^2 p'}$$

oder, da $x' = \frac{a'x}{\alpha}$ ist,

$$g\gamma = -\frac{(a'-\alpha')^2 \cdot x^2}{8\alpha^2 p'}.$$

Da nun $Gg = G\gamma + g\gamma$ ist, so hat man auch, wenn man die vorhergehenden Werthe von $G\gamma$ und $g\gamma$ substituirt,

$$Gg = -\left[\frac{\alpha'^2}{a'^2} \cdot \frac{(a-\alpha)^2}{8a^2 p} + \frac{(a'-\alpha')^2}{8\alpha^2 p'}\right] \cdot x^2.$$

Setzt man also

$$P = \frac{(a-\alpha)^2}{8a^2\alpha^2 p} \text{ und } P' = \frac{(a'-\alpha')^2}{8a'^2\alpha'^2 p'},$$

so hat man auch

$$Ff = -\alpha^2 P^2 \cdot x^2$$

und

$$Gg = -\frac{\alpha^2\alpha'^2}{a'^2}\left(P + \left(\frac{a'}{\alpha}\right)^4 \cdot P'\right).$$

Vergleicht man aber diese Ausdrücke der Längenabweichung von zwei Spiegeln mit dem oben für zwei Linsen erhaltenen Ausdrücken, so sieht man sofort, daſs beide unter sich identisch sind und daſs man daher auch den oben für zwei und mehr Linsen erhaltenen Ausdruck der Seitenabweichung R unverändert für zwei Spiegel wird anwenden können, so daſs man daher auch hier für die Seitenabweichung von zwei oder mehr Spiegeln haben wird

$$= \frac{m a x^3}{4h}\left[P + \left(\frac{a'}{\alpha}\right)^4 \cdot P' + \left(\frac{a'a''}{\alpha\alpha'}\right)^4 \cdot P'' + \left(\frac{a'a''a'''}{\alpha\alpha'\alpha''}\right)^4 \cdot P''' + \ldots\right]$$

wie zuvor, wo wieder m die Vergröſserung[1] des Teleskops

---

[1] S. Art. *Mikroskop*. Bd. VI. S. 2196. Gleichung (1).

bezeichnet und wo, wenn der Gegenstand oder der leuchtende Punct sehr weit von dem ersten Spiegel absteht oder wenn die Strahlen, wie bei allen Teleskopen, auf dem ersten Spiegel parallel einfallen, die Gröſse $a = \infty$ und $\alpha = p$, heiſst, wo α gleich der Brennweite p des ersten Spiegels ist, so daſs man dann

$$P = \frac{1}{8p^3}$$

haben wird.

Für die Ausübung läſst sich übrigens der vorhergehende Ausdruck für R noch bedeutend vereinfachen, ohne dadurch der Genauigkeit wesentlichen Abbruch zu thun. Unsere Teleskope bestehn nämlich alle nur aus zwei Spiegeln, von welchen der eine noch dazu nur sehr klein, in Beziehung auf den andern, ist. Da für einen kleinen Spiegel auch die Oeffnung x nur sehr klein seyn kann, so wird auch der Einfluſs desselben auf die Gröſse der sphärischen Abweichung nur sehr gering seyn können, und dasselbe muſs auch vom Einfluſs der verschiedenen Oculare gesagt werden, welche gewöhnlich mit diesen Spiegeln verbunden sind. Läſst man also in dem letzten Ausdrucke für R die Gröſsen P′, P″, P‴.. als unbedeutend weg und setzt wieder wie zuvor

$$P = \frac{1}{8p^3},$$

so erhält man für die gesuchte Seitenabweichung des Teleskops den sehr einfachen Ausdruck

$$R = \frac{m x^3}{32 p^3}.$$

Es ist aber aus den ersten Gründen der Construction eines jeden Fernrohrs bekannt, daſs jede gegebene Oeffnung x einer Objectivlinse oder eines Spiegels nur eine gewisse Vergröſserung m als Grenze zuläſst, die man nicht überschreiten kann, ohne die Bilder undeutlich zu machen, daſs also im Allgemeinen die Vergröſserung m durch die Gleichung

$$m = b \,.\, x$$

dargestellt werden kann, wo b eine Constante ist, die im Allgemeinen für jedes Fernrohr oder für jedes Teleskop besonders bestimmt werden soll. Substituirt man aber diesen Werth von m in den vorhergehenden Ausdruck von R, so erhält man

$$R = \frac{bx^4}{32p^3}$$

aus dieser Gleichung folgt der für die Construction der
…kope wichtige Satz, daſs, wenn die Seitenabweichung R
…lben unverändert bleiben soll, die Würfel der Brennweite
…groſsen Spiegels sich verhalten müssen wie die vierten
…nzen der Oeffnung.

C. Ort und Gröſse des Bildes.

Um nun auch die Lage und Gröſse des Bildes, welches
einem gegebenen Gegenstande von dem sphärischen Spiegel
…gt wird, zu bestimmen, sey Ee der auf der Axe ACE des Fig. 19.
…gels MAM' senkrecht stehende Halbmesser eines leuchtenden
…cts, und Ff das Bild, welches der Spiegel von diesem Ge-
…tande entwirft. Ist C der Mittelpunct des Spiegels und
…t man die geraden Linien ECA und eCM', so werden
… die aus E kommenden Strahlen in einem Puncte F der
… und die aus e kommenden in einem Puncte f der Linie
…M' vereinigen. Setzt man aber voraus, daſs die Entfer-
…g AE des leuchtenden Objects gegen die Oeffnung des
…gels, wie dieses bei allen Teleskopen der Fall ist, sehr
…s sey, so wird man sehr nahe CF = Cf setzen können.
…ist aber AF = α, wo die Gröſse α durch die Gleichung
…), das heiſst, durch

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a}$$

…immt wird, also ist auch

$$CF = Cf = r - \alpha,$$

…wieder a den Halbmesser des Spiegels bezeichnet. Be-
…eibt man demnach aus dem Puncte C als Mittelpunct mit
… Halbmesser CF = r — α den kleinen Kreisbogen Ff,
…wird Ff das gesuchte Bild darstellen und man wird auch
…e merklichen Fehler diesen kleinen Kreisbogen als eine
…ade, auf die Axe EA senkrechte Linie ansehen können.
Ist also

$$Ee = z$$

… Halbmesser des leuchtenden Objects und ist Ff = z' der
…lbmesser des Bildes, so hat man, da EA = a und FA =
…ist,

$$z' = \frac{CF}{CE} \cdot Ee = \frac{r - \alpha}{a - r} \cdot z.$$

Allein aus der obigen Gleichung (II) folgt

$$\frac{r}{2} = \frac{a\alpha}{a + \alpha} \text{ oder } r - \alpha = \frac{\alpha(a - \alpha)}{a + \alpha}$$

und ebenso

$$a - r = \frac{a(a - \alpha)}{a + \alpha},$$

also ist auch, wenn man diese Werthe von $r - \alpha$ und a -
in der obigen Gleichung substituirt,

$$z' = \frac{\alpha}{a} \cdot z.$$

Bezeichnet endlich φ den Winkel, unter welchem ein un-
waffnetes Auge in A den Halbmesser Ee des Objects se-
würde, so hat man, vorausgesetzt, dafs dieser Winkel, wie
allen Teleskopen, nur klein ist, so dafs man Tang. φ oder Sin
gleich φ setzen kann,

$$\frac{z}{a} = \varphi, \text{ also auch } z' = \alpha \cdot \varphi$$

und durch das Vorhergehende ist der Ort sowohl, als au
die Gröfse des Bildes bestimmt.

D. Anwendung auf Brennspiegel.

Wird ein Concavspiegel der Sonne ausgesetzt, so we
den sich die Strahlen derselben nach ihrer Reflexion
einem kleinen Kreise, dem Bilde der Sonne, vereinigen; de
Mittelpunct dieses Kreises ist der Brennpunct des Spieg
und der Halbmesser dieses kleinen Kreises wird, nach dem
eben Gesagten, gleich $\alpha\varphi$ oder, da $\alpha = p$ ist, gleich $p\varphi$ sey
Wegen der sehr grofsen Entfernung der Sonne von uns
aber φ gleich dem scheinbaren Halbmesser der Sonne, oder
ist nahe $\varphi = 16$ Minuten, und daher

$$Ff = p \text{ Tang. } 16'.$$

Allein nach dem Vorhergehenden ist die Seitenabweichung de
Fig. 17. sphärischen Spiegels

$$fS = \frac{(a - \alpha)^2 x^3}{8 a^2 \alpha p}$$

oder, da $a = \infty$ und $\alpha = p$ ist,

$$fS = \frac{x^3}{8p^2}.$$

: man diese Werthe von Ff und fS einander gleich oder
nt man die Seitenabweichung gleich jenem kleinen Bilde
Sonne, so hat man

$$x = 2p\sqrt[3]{\text{Tang.}\,16'}$$

, da $p = \frac{1}{2} r$ ist,

$$\frac{x}{r} = \sqrt[3]{\text{Tang.}\,16'}.$$

st also auch

$$\text{Sin. } ACM = \frac{x}{r},$$

ist auch

$$\text{Sin. } ACM = \sqrt[3]{\text{Tang.}\,16'},$$

aus folgt, dafs der Winkel ACM = 9° 36′ ist, oder dafs
halbe Oeffnung eines Brennspiegels wenigstens 9° 36′ seyn
fs, wenn die Seitenabweichung wegen der sphärischen Ge-
t des Spiegels nicht gröfser seyn soll, als jener kleine
eis, und dieses ist wohl die Grenze, welche man für die-
Kreis noch annehmen darf, wenn der Brennspiegel in sei-
Wirkung nicht zu sehr leiden soll.

E. Digression auf Brenngläser.

Das Vorhergehende leitet uns von selbst auf eine ähn-
ie Untersuchung der Brennlinsen, die wir hier um so mehr
htragen zu müssen glauben, da in dem Artikel *Brennglas*
analytische Untersuchung dieses interessanten Gegenstan-
ganz unberührt geblieben ist.

Wenn die Sonne nur als ein leuchtender Punct betrach-
werden könnte, so würde der Vereinigungsraum der durch
e convexe Linse gebrochenen Sonnenstrahlen oder so wür-
das von der Linse entworfene Bild der Sonne ebenfalls
: ein einfacher Punct seyn. Da uns aber der Halbmesser
es Gestirns noch unter einem sehr merkbaren Winkel von
Min. erscheint, so kann man die von zwei Endpuncten
es Durchmessers ausgehenden Strahlen nicht mehr als unter
h parallel annehmen, da sie vielmehr ebenfalls unter einem

Winkel von 32 Min. gegen einander geneigt sind und da demnach auch nach ihrer Brechung, statt in einem einzigen Puncte vereinigt zu werden, einen gröſsern Raum, näm einen kleinen Kreis einnehmen, dessen Durchmesser die Ch von 32 Min. eines andern Kreises ist, der seinen Mittelp im Centrum der Linse hat. Heiſst also p die Brennweite Linse, so ist der Halbmesser r jenes kreisförmigen Bre raums

$$r = p \text{ Tang. } 0^\circ 16' \text{ oder nahe } r = \frac{p}{216}.$$

Nennt man aber d die Dichte der Sonnenstrahlen vor un die Dichte derselben nach der Brechung im Brennraum, hat man, da diese Dichten sich verkehrt wie die diese Lichtmengen enthaltenden Flächen verhalten, wenn x den Oe nungshalbmesser der Linse bezeichnet,

$$d : \delta = \left(\frac{p}{216}\right)^2 : x^2$$

oder

$$\frac{\delta}{d} = 46656 \frac{x^2}{p^2}.$$

Die von der Sonne kommende senkrechte Erleuchtung ei auf der Erde befindlichen Fläche wird also, wie die let Gleichung zeigt, durch eine convexe Linse oder durch ein genanntes *Sammelglas* $46656 \frac{x^2}{p^2}$ mal verstärkt. Ist z. B. x $\frac{1}{2}$ Fuſs und $p = 3$ Fuſs, so ist

$$\frac{\delta}{d} = 1296$$

oder das Sonnenlicht wird durch diese Linse in ihrem Bren puncte 1296mal verdichtet, vorausgesetzt, daſs die Strahl auf ihrem Wege durch die Atmosphäre und daſs sie a durch das Glas selbst nichts verlieren, wobei auch noch d sphärische Abweichung der Linse vernachlässigt ist. Je kle ner daher bei unveränderter Oeffnung die Brennweite der Lins ist, desto mehr ist sie zu einem Brennglase geeignet. Sin aber f und g die Halbmesser der beiden Linsenflächen, so h man[1]

---

1 S. *Mikroskop.* Bd. VI. S. 2194.

$$p = \frac{fg}{(n-1)(f+g)},$$

mufs man zu Brenngläsern offenbar *biconvexe* Linsen
en, da für sie die beiden Halbmesser f und g positiv
en und daher p so grofs als möglich werden kann.
he convex-concave Linsen aber, für welche der negative
messer der kleinere ist, so wie noch mehr biconcave Lin-
sind zu Brenngläsern ganz untauglich. In der That sind
etztgenannten Linsen eigentlich *Zerstreuungsgläser*, weil
ie die Strahlen nach der Brechung *divergiren*.

Das Brennglas ist aber auch zweitens, wie dieselbe Glei-
g zeigt, desto wirksamer, je gröfser der Oeffnungshalb-
er x desselben ist. Da es hier nur darauf ankommt, eine
e Menge Strahlen in den Brennraum der Linse so nahe
nöglich zusammen zu bringen, nicht aber auch zugleich
emselben Orte ein ganz reines Bild der Sonne darzustel-
so wird man von der Seitenabweichung der Linse wegen
r sphärischen Gestalt hier wenig zu besorgen haben, obschon
e (nach B) sogar wie der Cubus der Oeffnung x wächst.
den Fernröhren jeder Art aber, so wie bei den Mikrosko-
, wird diese Seitenabweichung sorgfältig zu berücksichti-
seyn; doch wird man auch für Brenngläser solche Lin-
besser ganz vermeiden, deren Oeffnung zu grofs ist, weil
t der Brennraum ebenfalls zu grofs wird und dadurch
Hauptzwecke eines Brennglases, der Erreichung einer ho-
Temperatur im Brennraume, schädlich entgegenwirkt.

Nimmt man, wie bei Brenngläsern gewöhnlich, die Linse
chseitig, so dafs die Vorder- und Hinterseite Stücke von
selben Kugel sind, so ist f = g und daher die letzte
ichung

$$p = \frac{f}{2(n-1)}.$$

aber die halbe Oeffnung gleich 20 Graden, und gröfser wird
sie, nach dem Vorhergehenden, nicht leicht nehmen dür-
so ist

$$x = f \operatorname{Sin.} 20^0,$$

auch, da sich p sowohl als auch x wie f verhält, die
fse

$$\frac{\delta}{d} = 46656 \frac{x^2}{p^2}.$$

dafs daher die durch beide Linsen hervorgebrachte V
dichtung

$$\delta' = 121\,\delta = 156816$$

beträgt. Ebenso findet man für ein drittes Glas, dessen Br
weite p'' und dessen Abstand von der zweiten Δ' ist,
Verdichtung

$$\delta'' = \delta' . \left(\frac{p' + p'' - \Delta'}{p''}\right)^2$$

oder, wenn man den vorhergehenden Werth von δ'
stituirt,

$$\delta'' = 46656\,\frac{x^2}{p^2} . \left(\frac{p + p' - \Delta}{p'}\right)^2 . \left(\frac{p' + p'' - \Delta'}{p''}\right)^2$$

und so fort für mehrere Linsen. Wird p, p', Δ und x
im letzten Beispiele beibehalten, und überdiefs $p'' = \frac{1}{10}$
$\Delta' = 1$ Fufs genommen, so beträgt der Werth von δ'' s
über 1242 Millionen. Man sieht daraus, welche unge
hohe Temperaturen man durch solche, aus mehrern Li
zusammengesetzte Brennapparate erhalten kann.

F. Verbindung mehrerer Spiegel.

Indem wir nun zu den Erscheinungen übergehen, we
mehrere sphärische Spiegel, die alle auf derselben Axe a
stellt sind, für die Reflexion des auf sie fallenden Lichtes
bieten, wollen wir wieder dieselben Erscheinungen zuerst
ein System von sphärischen Linsen suchen und dann ze
dafs die für diese erhaltenen Formeln mit wenigen Aende
gen auch sofort für das gesuchte Spiegelsystem gelten. S
Fig. 21. demnach AP die erste, BQ die zweite, CR die dritte Lins
deren gemeinschaftliche Axe EABCD.. ist. Sey ferner
der auf dieser Axe senkrecht stehende Halbmesser des leu
tenden Gegenstandes, dessen Bilder, wie sie von den erw
ten Linsen allmälig entworfen werden, zu suchen sind.
bei unseren dioptrischen, so wie bei den katoptrischen Instr
menten ohne Ausnahme nur der erste Spiegel oder die e
Linse AP noch von bedeutender Gröfse, die andern alle
oder die sogenannten *Oculare* nur klein sind, so werden
uns bei der gegenwärtigen allgemeinen Untersuchung nur
diejenigen Strahlen beschränken, welche der Axe ABC.. seh
nahe einfallen. Dessenungeachtet werden wir diese Oeffnu

ulare BQ, CR, DS... nicht als unendlich klein an- n dürfen, da diese Oculare offenbar eine hinlängliche haben müssen, um von dem durch die vorhergehenden ihnen zugeschickten Lichte noch eine hinlängliche aufnehmen zu können, damit diese Lichtstrahlen in der öglichen Menge, die das Objectiv AP gestattet, dem zugeführt werden, und damit sie zugleich die Gegen-, welche dem freien Auge an der Stelle des Objectivs einem gegebenen Sehwinkel erscheinen, wo nicht ganz, bis auf einen verlangten Theil dieses Sehwinkels auf übersehn lassen. Die erste dieser Rücksichten wird die *keit* des Fernrohrs und die zweite wird das sogenannte *tsfeld*, d. h. den Raum bestimmen, welchen man durch rnrohr auf einmal übersehn kann.

ieses vorausgesetzt sey eAQRS der von dem äufser- uncte e des Gegenstandes Ee kommende und durch die A des Objectivs gehende Hauptstrahl, und sey ebenso s.. der äufserste, von dem Mittelpuncte E des Ge- ndes kommende, die Linsen in den Puncten P, q, r, s... de Lichtstrahl. Sey

$$AP = x \quad \text{und} \quad BQ = z'$$
$$Bq = x' \quad\quad CR = z''$$
$$Cr = x'' \quad\quad DS = z''' \text{ u. s. w.,}$$
$$Ds = x''' \text{ u. s. w.,}$$

rden also x, x', x''.. die Halbmesser der Linsen für *lelligkeit* und z', z'', z'''.. die Halbmesser derselben für esichtsfeld seyn. Sey ferner $EAe = \varphi$ der Winkel, un- elchem ein in A aufgestelltes unbewaffnetes Auge den nesser Ee des Gegenstandes sehn würde, und sey ebenso

$AFP = \varphi'$, $BF'q = \varphi''$, $CF''r = \varphi'''$ u. s. w.

Vinkel, welchen der punctirte Strahl BPqr.. nach der ung durch die I., II., IIIte ... Linse mit der Axe bil- und

$$FBf = \psi', \quad CO'R = \psi'', \quad SO''D = \psi''' \ldots$$

Vinkel, welchen der andere Hauptstrahl eAQR.. mit xe bildet. Auf eine ähnliche Art wollen wir nun auch, den vorhergehenden Winkeln, die noch übrigen gera- Linien oder die verschiedenen *Distanzen* der Figur be- nen. Der aus der Mitte E des Gegenstandes kommende tstrahl, der hier durch die punctirte Linie EPFqF'r...

angezeigt ist, schneidet die Axe in den Puncten E, F, F,
und man nennt die Linien

$EA = a$, $AF = \alpha$ die Vereinigungsweite der Linse I,
$FB = a'$, $BO = \alpha'$ . . . . H,
$OG = a''$, $O'C = \alpha''$ . . . . III u. s. f.

Diese Linsen selbst schneiden die Axe in den Puncten
A, B, C, D... und die Distanzen dieser Linsen
seyn

$$AB = \Delta,\quad BC = \Delta',\quad CD = \Delta''\ \text{u. s. w.},$$

so dafs man also hat

$$\Delta = \alpha + a'$$
$$\Delta' = \alpha' + a''$$
$$\Delta'' = \alpha'' + a'''\ \text{u. s. w.},$$

wo diese Ausdrücke für Δ, Δ', Δ''.. ihrer Natur nach
mer positive Gröfsen seyn müssen.

Endlich wollen wir noch die Distanzen

BO durch k'
CO' . . . . k''
DO'' . . . k''' u. s. w.

und die Brennweiten

der Linse I durch p
II . . . p'
III. . . p'' u. s. w.

bezeichnen.

Dieses vorausgesetzt sehen wir nun zu, wie die
schiedenen hier aufgeführten Gröfsen von einander abhängen.

I. *Allgemeine Bestimmungen.* Nennt man n das Verhältnifs des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des gebrochenen Winkels, wo man für den Uebergang des Lichts aus der Luft in das Glas im Mittel $n = \frac{3}{2}$ hat, und ist f der Halbmesser der dem Gegenstande zugekehrten, so wie g der Halbmesser der andern Fläche der Linse, so hat man für eine biconvexe Linse, in welcher f und g positiv vorausgesetzt werden, die bekannte, aus den ersten Elementen der Optik folgende Gleichung[1]

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\alpha} = (n-1) \cdot \left(\frac{1}{f} + \frac{1}{g}\right).$$

1 S. Art. *Linsenglas.* Bd. VI. S. 382.

dieser ersten Linse die Entfernung des Objects oder die Vereinigungsweite $a = \infty$ und die zweite $\alpha = p$, so erhält man aus der vorigen Gleichung

$$\frac{1}{p} = (n-1)\left(\frac{1}{f} + \frac{1}{g}\right)$$

auch

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{a} + \frac{1}{\alpha},$$

Ähnliche Ausdrücke erhält man auch für die folgenden ..., wenn man nur die Grössen a, α, p, f, g und n mit ... oder zwei oder drei ... Strichen bezeichnet.

... *Halbmesser der Linsenöffnung wegen der Helligkeit.* ...er Aehnlichkeit der rechtwinkligen Dreiecke AFP, FBq ... F'Q, F'Cr u. s. w. erhält man sofort folgende Gleichungen, wobei die Winkel φ, φ', φ''.. der Natur der Sache ... so klein angenommen werden, daſs Sin. φ oder Tang. φ ... φ gesetzt werden kann:

$$= \frac{x}{\alpha} \qquad \text{also auch } x' = a' \varphi' = \frac{a' x}{\alpha}$$

$$= \frac{x'}{\alpha'} = \frac{a' x}{\alpha \alpha'} \qquad x'' = a'' \varphi'' = \frac{a' a'' x}{\alpha \alpha'}$$

$$= \frac{x''}{\alpha''} = \frac{a' a'' x}{\alpha \alpha' \alpha''} \text{ u. s. w.} \qquad x''' = a''' \varphi''' = \frac{a' a'' a''' x}{\alpha \alpha' \alpha''} \text{ u. s. w.}$$

...I. *Halbmesser der Linsenöffnung wegen des Gesichts-* ... Nach der bereits oben angeführten Bemerkung müssen ...rschiedenen auf einander folgenden Oculare eine solche ...ung haben, daſs dadurch die gegebenen Gegenstände bis ...ne bestimmte Gröſse derselben übersehn werden können. ...lso die Hälfte des durch das Fernrohr noch sichtbaren ...standes gleich Ee seyn, so muſs man die Linsen so ...nehmen, damit der von dem äuſsersten Puncte e des ...standes durch die Mitte A des Objectivs AP ungebro... durchgehende Hauptstrahl eAQRS... von allen diesen ... noch aufgenommen werden kann. So lange aber die ...weiten dieser Linsen nicht gegeben sind, läſst sich auch ... jener Forderung nöthige Oeffnung $z = BQ$, $z'' = CR$ ...w. nicht näher angeben. Wir wollen daher, da diese ...ngen wegen des Gesichtsfeldes von den Brennweiten der ... abhängen, vorläufig die Gleichungen annehmen

K 2



$$z' = p'\omega'$$
$$z'' = p''\omega''$$
$$z''' = p'''\omega''' \text{ u. s. w.}$$

Da aber die Halbmesser z', z'', z''' .. diesen Oeffnunge[n]
mäfs immer nur kleine Theile ihrer Brennweiten seyn w[erden,]
so werden die hier eingeführten Gröfsen ω', ω'', ω''' .. al[s]
eigentliche Brüche seyn, die der Erfahrung zufolge no[ch]
kleiner noch als $\frac{1}{4}$ sind.

IV. *Gröfse und Lage der Bilder.* Ist F f das Bild[, wel-]
ches die erste Linse AP von dem Gegenstande E e [gibt,]
und ist ebenso F' f' das Bild der zweiten und F'' f'' d[er]
dritten Linse u. s. w., so hat man, wie wieder aus der [Ähn-]
lichkeit der Dreiecke folgt,

$$Ff = \frac{\alpha}{a} . Ee$$

$$F'f' = \frac{\alpha'}{a'} . Ff$$

$$F''f'' = \frac{\alpha''}{a''} F'f' \text{ u. s. w.}$$

Da aber $Ee = a \text{ Tang.} \varphi = a\varphi$ ist, so hat man f[ür die]
Gröfse der auf einander folgenden Bilder die Ausdrücke

$$Ff = \alpha . \varphi \ldots \text{ das Bild verkehrt}$$

$$F'f' = \frac{\alpha\alpha'}{a'} . \varphi \ldots\ldots \text{ aufrecht}$$

$$F''f'' = \frac{\alpha\alpha'\alpha''}{a'a''} . \varphi \ldots\ldots \text{ verkehrt}$$

$$F'''f''' = \frac{\alpha\alpha'\alpha''\alpha'''}{a'a''a'''} . \varphi \ldots \text{ aufrecht u. s. w.}$$

Wird einer dieser Ausdrücke negativ, so zeigt er eine [der]
gegebenen Zeichnung entgegengesetzte Lage an. Ist z. [B.]
F'' f'' negativ, so ist das dritte Bild nicht verkehrt, w[ie es]
im Allgemeinen seyn sollte, sondern aufrecht.

V. *Vergröfserung der Gegenstände durch diese L[insen.]*
Bei einem Systeme von zwei Linsen sieht das Auge in b [das]
Bild F f des Gegenstandes E e unter dem Winkel F B f [=]
während es den Gegenstand E e selbst aus dem Punc[te]
ohne Hülfe der Linsen, unter dem Winkel $EAe = \varphi$ se[hen]
würde. Eigentlich ist aber der Punct O, in welche[m]

strahl die Axe schneidet, der Ort des Auges. Da jedoch, überhaupt ein deutliches Sehen statt haben soll, die en aus der letzten, dem Auge nächsten Linse immer sehr unter sich parallel ausfallen müssen, so muſs auch O Q f parallel, also auch $BOQ = FBf = \psi'$ seyn. Nimmt nun, wie bei allen Fernröhren, die Distanz AB der bei- Linsen gegen die Distanz EA des Objects sehr klein, so en die beiden Gröſsen ψ' und φ die scheinbaren Gröſsen Halbmessers des Gegenstandes aus, wie er durch die Lin- nd wie er mit freiem Auge gesehn wird, oder mit an- Worten, die Vergröſserung m' eines Systems von zwei n ist

$$m' = \frac{\psi'}{\varphi}.$$

aber $Ff = a'\psi' = \alpha\varphi$, also ist auch $\psi' = \frac{\alpha\varphi}{a'}$ und

$$m' = \frac{\alpha}{a'}.$$

dann für eine dritte Linse der Winkel ψ' in ψ'' über, analog

$$\psi'' = \frac{\alpha'}{a''}\psi' = \frac{\alpha\alpha'}{a'a''}\varphi,$$

st auch für drei Linsen die Vergröſserung

$$m'' = \frac{\psi''}{\varphi} = \frac{\alpha\alpha'}{a'a''}.$$

ebenso hat man für vier Linsen

$$\psi''' = \frac{\alpha''}{a'''}\psi'' = \frac{\alpha\alpha'\alpha''}{a'a''a'''}\varphi$$

$$m''' = \frac{\psi'''}{\varphi} = \frac{\alpha\alpha'\alpha''}{a'a''a'''} \text{ u. s. w.}$$

ber bei allen Fernröhren die Entfernung $EA = a$ des Ge- andes sehr groſs angenommen wird, so wird man die e Vereinigungsweite der ersten Linse gleich ihrer Brenn- oder man wird $\alpha = p$ setzen, und da nach dem Vor- henden die Strahlen aus der letzten Linse unter sich par- ausfahren müssen, wenn das Auge gut sehn soll, so ist die letzte der Gröſsen a' a'' a'''... gleich der Brennweite



der letzten Linse, so daſs man daher für alle Fernröhr gende Ausdrücke für die Vergröſserung derselben hat:

$$\text{für 2 Linsen} \ldots \quad m' = \frac{p}{p'}$$

$$3 \ldots\ldots \quad m'' = \frac{\alpha' p}{a' p''}$$

$$4 \ldots\ldots \quad m''' = \frac{\alpha' \alpha'' p}{a' a'' p'''}$$

$$5 \ldots\ldots \quad m^{IV} = \frac{\alpha' \alpha'' \alpha''' p}{a' a'' a''' p^{IV}} \quad \text{u. s. w.}$$

VI. *Anderer Ausdruck des Helligkeitshalbmessers.* bindet man die Ausdrücke, die wir oben (N. II) für die ſsen x', x'', x''' gegeben haben, mit denen in V, so erhält folgende einfache Werthe der Oeffnungshalbmesser wegen Helligkeit:

$$x' = \frac{x}{m'}$$

$$x'' = \frac{x}{m''}$$

$$x''' = \frac{x}{m'''} \quad \text{u. s. w.}$$

Da übrigens diese Halbmesser der Helligkeit der Natur Sache nach immer kleiner seyn müssen, als die Halbmesser Gesichtsfeldes, so hat man

$$z' > x', \; z'' > x'', \; z''' > x''' \text{ u. s. w.},$$

welche Gleichungen ebenso viele Bedingungen ausdrü denen jedes gute Fernrohr entsprechen muſs.

VII. *Nähere Bestimmung der Helligkeit eines Fernr* Nennt man der Kürze wegen μ und ξ die letzte der Grö m', m'', m'''.. und x', x'', x'''... und bezeichnet, wie x den Oeffnungshalbmesser AP der ersten Linse oder des O jectivs, so hat man überhaupt

$$x = \mu \xi \text{ oder } \xi = \frac{x}{\mu},$$

wo also ξ den Halbmesser des Strahlencylinders hinter der ten Linse oder in der Nähe des Auges bezeichnet. Von sem Cylinder hängt aber offenbar die Helligkeit des Fernr ab. Bezeichnet dann w den Halbmesser der Pupille des

so hat man, da sich die Helligkeit oder die Strahlen-
e, welche von demselben Gegenstande auf zwei von ihm
weit entfernte Flächen fallen, wie diese Flächen selbst
ilt,

$$\frac{\text{Helle durchs Fernrohr}}{\text{Helle mit freiem Auge}} = \frac{\xi^2}{w^2}.$$

man also die natürliche, für das unbewaffnete Auge statt
nde Helligkeit gleich der Einheit und die Helligkeit, mit
her der Gegenstand durch das Fernrohr gesehn wird,
n H, so ist

$$H = \left(\frac{\xi}{w}\right)^2 = \frac{x^2}{\mu^2 w^2},$$

emnach die Gröfsen ξ und w in demselben Mafse, z. B. in
n, ausgedrückt werden. Die Gröfse w nimmt man ge-
lich $\frac{1}{20}$ Zoll, also $w = 0{,}05$ oder selbst nur $w = 0{,}03$
Die letzte Gleichung zeigt, dafs die Helle H des Fern-
desto stärker ist, je gröfser x, der Oeffnungshalbmesser
Objectivs, und je kleiner μ oder w ist. Man sieht zu-
h, dafs man ξ nicht gröfser als w annehmen kann, denn
$> w$, so wird ein Theil des Strahlenkegels, welcher ne-
der kleinen Augenöffnung w fortgeht, verloren gehn, da
as Auge nicht mehr treffen kann. Gewöhnlich nimmt man
$\frac{1}{50}$, obschon man sich, nach den Umständen, auch oft
$\xi = \frac{1}{60}$ oder $\xi = \frac{1}{70}$ begnügen mufs. Ist $w = \frac{1}{20}$, so
nan

$$H = 400\frac{x^2}{\mu^2}.$$

stärkste Vergröfserung aber, die man an einem gegebenen
ectiv anbringen kann, findet ihre vorzüglichste Grenze in
Kürze der Brennweite des Oculars, welche letztere, bei
n einfachen Oculare wenigstens, nicht gut kleiner als $\frac{2}{10}$
seyn kann, wenn nicht eine zu bedeutende Verzerrung
Bildes und ein zu kleines Gesichtsfeld eintreten soll. Ist
r p die Brennweite des Objectivs, so wird die stärkste
gröfserung μ des Fernrohrs überhaupt durch die Gleichung

$$\mu = \frac{p^2}{0{,}2} = 5p^2$$

eben werden. So hat man für ein einfaches oder auch für
achromatisches Doppelobjectiv, dessen Brennweite $p = 20$
und die halbe Oeffnung $x = 0{,}8773$ Zoll ist, die schwäch-

ste Vergrößerung $\frac{x}{0,03} = 29$ und die stärkste $\frac{p}{0,2} = 100$. [...] $p = 120$ Zoll und $x = 3,36$ Zoll erhält man die schwä[...] Vergrößerung 112 und die stärkste 600.

VIII. *Abhängigkeit der Größen ψ und ω.* Verbi[...] man die Gleichungen $z' = p'\omega'$, $z'' = p''\omega''$ ... der N. III [...] denen

$$\frac{1}{p'} = \frac{1}{a'} + \frac{1}{\alpha'} \text{ u.s.w.}$$

der N. I, und bemerkt man, daſs nahe $a' = AB$ und $\alpha' =$ [...] ist, da ferner

$$AB = \frac{BQ}{\text{Tang.}\,\varphi} = \frac{p'\omega'}{\varphi},$$

so hat man

$$OB = \frac{p'\omega'}{\omega' - \varphi} \text{ u. s. w.}$$

und diese Werthe von OB und $BQ = p'\omega'$ in der Gleich[...]

$$\text{Tang. } BOQ = \frac{BQ}{OB} \text{ substituirt geben}$$

$$\psi' = \omega' - \varphi.$$

Ebenso ist für drei Linsen

$$CO = \frac{BO.CR}{BQ} = \frac{p''\omega''}{\omega' - \varphi}$$

und überdieſs

$$\frac{1}{p''} = \frac{1}{CO} + \frac{1}{CO'},$$

also auch

$$CO' = \frac{p''\omega''}{\omega'' - \omega' + \varphi},$$

oder endlich, da $CO'R = \frac{CR}{CO'}$ ist,

$$\psi'' = \omega'' - \omega' + \varphi,$$

und auf dieselbe Weise erhält man auch für vier Linsen

$$DO'' = \frac{p'''\omega'''}{\omega''' - \omega'' + \omega' - \varphi}$$

und

$$\psi''' = \omega''' - \omega'' + \omega' - \varphi$$

und so fort für mehrere Linsen.

Es ist schon oben (N. III) bemerkt worden, daſs die Grö[...] ω, ω'.. nur eigentliche Brüche seyn können, die nicht leich[...] größer als ¼ seyn dürfen. Da nämlich, den Erfahrungen z[...]

die halbe Oeffnung jeder Linse nicht mehr als 15 Grade
er Peripherie ihrer Kugel betragen kann, so hat man,
die Halbmesser der beiden Linsenflächen gleich groſs
venn die Mittelzahl für das Glas $n = \frac{3}{2}$ ist,

$$f = g = 2(n-1)\,p \text{ oder } f = g = p,$$

auch

$$z' = p' \text{Sin. } 15^\circ = \tfrac{1}{4} p'$$

da $z' = p'\omega'$ ist, die Gröſse ω' nahe gleich $\frac{1}{4}$.

X. *Bestimmung der Brennweiten der Linsen durch Vereinigungsweiten und durch die Gröſse* ω. Es war

$$\text{(N. VIII) } BQ = AB.\text{Tang.}\varphi$$

$$p'\omega' = (\alpha + a').\varphi.$$

der Aehnlichkeit der Dreiecke der Zeichnung folgt aber

$$CR : CO = CR - F'f' : CF',$$

$$CR = p''\omega'', \quad CF' = a''$$

$$F'f' = \frac{\alpha\alpha'\varphi}{a'}, \text{ so wie } CO = \frac{p''\omega''}{\omega' - \varphi} \text{ ist.}$$

tituirt man diese Werthe in der vorhergehenden Propor- so erhält man

$$p''\omega'' = \frac{\alpha\alpha'\varphi}{a'} + a''(\omega' - \varphi).$$

ebenso giebt die Proportion

$$DS : DO' = DS - F''f'' : DF''$$

Gleichung

$$p'''\omega''' = \frac{\alpha\alpha'\alpha''}{a'a''}\varphi + a'''(\omega'' - \omega' + \varphi)$$

auf dieselbe Art

$$p^{IV}\omega^{IV} = \frac{\alpha\alpha'\alpha''\alpha'''}{a'a''a'''}\varphi + a^{IV}(\omega''' - \omega'' + \omega' - \varphi)$$

so fort für mehrere Linsen. Diese Ausdrücke sind zur struction der Fernröhre jeder Art sehr nützlich.

X. *Bestimmung der Gröſsen* z, m *und* φ *durch* ω. Aus bloſsen Anblick der Zeichnung folgt

$$z' = BO.\psi' = \Delta.\varphi$$
$$z'' = CQ'.\psi'' = CO.\psi'$$
$$z''' = DO''.\psi''' = DO'.\psi'' \text{ u. s. w.,}$$



so dafs man also auch für die Distanzen der Linsen die A-
drücke hat

$$BO + CO \text{ oder } \Delta' = \frac{z' + z''}{\psi'}$$

$$CO' + DO' \text{ oder } \Delta'' = \frac{z'' + z'''}{\psi''}$$

$$DO'' + F'''O'' \text{ oder } \Delta''' = \frac{z''' + z^{IV}}{\psi'''} \text{ u. s. w.}$$

und aus diesen Gleichungen folgt sofort

$$z' = \Delta . \varphi$$
$$z'' = (\omega' - \varphi) . \Delta - z'$$
$$z''' = (\omega'' - \omega' + \varphi) . \Delta' - z'' \text{ u. s. w.}$$

Substituirt man aber die in N. VIII erhaltenen Werthe
ψ', ψ'', ψ'''... in die Gleichungen der N. V, so erhält m

$$m' = \frac{\omega' - \varphi}{\varphi}$$

$$m'' = \frac{\omega'' - \omega' + \varphi}{\varphi}$$

$$m''' = \frac{\omega''' - \omega'' + \omega' - \varphi}{\varphi} \text{ u. s. w.,}$$

oder auch, wenn man daraus die Werthe von φ sucht,

$$\varphi = \frac{\omega'}{m' + 1}$$

oder

$$\varphi = \frac{\omega'' - \omega'}{m'' - 1}$$

oder

$$\varphi = \frac{\omega''' - \omega'' + \omega'}{m''' + 1} \text{ u. s. w.}$$

und alle diese Ausdrücke lassen sich leicht auf mehrere Li-
sen fortsetzen, da das Gesetz ihres Fortgangs für sich de-
lich ist. Die letzten derselben geben den Werth von φ o-
das *halbe Gesichtsfeld* für 2, 3, 4.. Linsen, d. h. sie g-
den Halbmesser des kreisförmigen Raumes, welchen man d-
das Fernrohr mit einem Blicke übersehn kann. Um diese A-
drücke von φ in Minuten des Bogens zu erhalten, wird m-
sie durch

$$\frac{1}{60 \text{ Sin. } 1''} = \frac{10800}{\pi} = 3437{,}75$$

n runder Zahl durch 3438 multipliciren.

Die letzten Gleichungen für φ zeigen, dafs das Gesichts-
bnimmt, wenn, alles Andere gleich gesetzt, die Vergrö-
g m wächst, und dafs das Gesichtsfeld wächst, wenn m
r, oder auch, wenn die Oeffnung des Oculars gröfser
Dieselben Gleichungen zeigen auch, dafs man durch
setzung eines neuen Oculars das Gesichtsfeld bedeutend
fsern kann. So hat man für ein einziges Ocular

$$\varphi = \frac{\omega'}{m' + 1}.$$

für zwei Oculare, wenn $\omega' = -\omega''$ gesetzt wird, ist

$$\varphi = \frac{2\omega''}{m'' - 1},$$

im zweiten Falle das Gesichtsfeld mehr als doppelt so
, wenn auch nur $m' = m''$ ist. Da eine starke Vergrö-
ng und ein grofses Gesichtsfeld zwei wesentliche Bedin-
en eines guten Fernrohrs sind, so sieht man aus dem all-
inen Ausdrucke von

$$\pm m = \frac{\varphi - \omega' + \omega'' - \omega''' + \omega^{\text{IV}} - \ldots}{\varphi},$$

man, um das Product $m\varphi$ so grofs als möglich zu ma-
, die Oeffnungshalbmesser ω', ω'', ω'''... abwechselnd
v und negativ nehmen mufs.

XI. *Bestimmung des Orts des Auges bei den Fernröh-*
Der schicklichste Ort des Auges für ein Fernrohr von
, 4.. Linsen wird offenbar der Punct O, O′, O″....
, in welchem sich alle von der letzten Linse kommenden
len vereinigen. Nennt man k', k'', k'''... die Entfer-
en PO, CO′, DO″..... des Auges von der letzten Linse,
t man (nach N. VIII)

$$k' = \frac{p'\omega'}{\omega' - \varphi}$$

$$k'' = \frac{p''\omega''}{\omega'' - \omega' + \varphi}$$

$$k''' = \frac{p'''\omega'''}{\omega''' - \omega'' + \omega' - \varphi} \text{ u. s. w.}$$



oder, wenn man in diesen Brüchen die Werthe der Na aus N. X substituirt,

$$k' = \frac{p' \omega'}{m' \varphi}$$

$$k'' = \frac{p'' \omega''}{m'' \varphi}$$

$$k''' = \frac{p''' \omega'''}{m''' \varphi} \text{ u. s. w.}$$

Diese Ausdrücke für k zeigen, daſs, je gröſser das Gesi feld φ, oder auch, je gröſser die Vergröſserung m ist, d näher auch im Allgemeinen das Auge an das letzte O lar gebracht werden muſs, um jenes Gesichtsfeld ganz zu ü sehn. Wir werden bald (H) sehen, daſs die vorherge den Ausdrücke auch für ein System von Spiegeln ihre A wendung finden.

G. Rücksicht auf die Farben der Licht-strahlen.

Obschon bei den Spiegeln die Farbenzerstreuung der Lic strahlen nicht zu besorgen ist, so kann diese Rücksicht, bei unsern katoptrischen Instrumenten mit diesen Spieg auch Linsen verbunden werden, hier doch nicht völlig ü gangen werden. Wir müssen aber hier vorzüglich denjeni Einfluſs der Farbenzerstreuung suchen, welcher auf *die Gr sen* der durch das Fernrohr betrachteten Gegenstände einwi und wodurch daher der Rand des Bildes gefärbt ersche Zu diesem Zwecke wird man die Aenderungen der Wi BOQ, CO'R, DO''S... suchen, welche der Hauptstrah der ebenfalls von dem Rande e des Objects ausgeht, a seinen verschiedenen Brechungen mit der Axe bildet. Es i aber

$$BOQ = \omega' - \varphi \text{ und (F. IX.)}$$

$$p' \omega' = (\alpha + a') \varphi.$$

Daraus folgt, wenn φ constant ist,

$$\partial . BOQ = \partial \omega'$$

und

$$\partial \omega' = -(\alpha + a') \varphi . \frac{\partial p'}{p'^2} = -\frac{\omega' \partial p'}{p'}.$$

ar aber (F. I.)

$$\frac{1}{p} = (n-1)\left(\frac{1}{f} + \frac{1}{g}\right),$$

ist auch

$$\partial p = -\frac{p.\partial n}{n-1}.$$

t man daher der Kürze wegen für das erste Glas

$$\Theta = \frac{\partial n}{n-1}$$

ebenso für die folgenden Linsen

$$\Theta' = \frac{\partial n'}{n'-1}, \quad \Theta'' = \frac{\partial n''}{n''-1} \text{ u. s. w.,}$$

t auch

$$\partial p' = -p'.\Theta',$$

r die obige Gleichung

$$\partial \omega' = -\omega \frac{\partial p'}{p'} = +\omega' \Theta'$$

das gesuchte Differential des Winkels BOQ

$$\partial.BOQ = \omega' \Theta'.$$

nmt noch eine dritte Linse hinzu, so kann man die ge-
lene Zerstreuung $\omega' \Theta'$ der zweiten Linse als einen Ge-
tswinkel betrachten, der durch die Wirkung der dritten
se nach dem oben (F. V.) gezeigten Verfahren in
$\omega' \Theta'$ übergeht. Setzt man dazu noch die Zerstreuung
Θ'' der dritten Linse selbst, so hat man für die Gesammt-
treuung von drei Linsen den Ausdruck

$$\partial.CO'R = \frac{\alpha'}{a''} \omega' \Theta' + \omega'' \Theta''$$

ebenso wird man für die Farbenzerstreuung von vier Lin-
erhalten

$$\partial.DO''S = \frac{\alpha''}{a'''}\left(\frac{\alpha' \omega' \Theta'}{a''} + \omega'' \Theta''\right) + \omega''' \Theta'''$$

$$= \frac{\alpha' \alpha''}{a'' a'''} \omega' \Theta' + \frac{\alpha'' \omega'' \Theta''}{\alpha'''} + \omega''' \Theta''' \text{ u. s. w.}$$

Differentiale dieser Winkel müssen gleich Null gesetzt
rden, wenn die Farbenzerstreuung des Fernrohrs aufge-

hoben oder vernichtet seyn soll, so daſs man daher für Bedingung dieser Vernichtung haben wird[1]:

bei 2 Linsen $\omega'.\Theta'=0$

$$3\ldots\omega'.\Theta'+\frac{\omega''a''}{\alpha'}.\Theta''=0$$

$$5\ldots\omega'.\Theta'+\frac{\omega''a''}{\alpha'}.\Theta''+\frac{\omega'''a''a'''}{\alpha'\alpha''}.\Theta'''=0$$

$$V\ldots\omega'.\Theta'+\frac{\omega''a''}{\alpha'}.\Theta''+\frac{\omega'''a''a'''}{\alpha'\alpha''}.\Theta'''+\frac{\omega^{IV}a''a'''a^{IV}}{\alpha'\alpha''\alpha'''}.\Theta^{IV}=0$$ u.

H. Anwendung des Vorhergehenden auf Spiegel.

Die zwei vorhergehenden Abtheilungen (F und G) beziehen sich nur auf ein System von Linsen. Wir wollen nun sehn, wie man dieselben Formeln auch auf ein *System* von Spiegeln anwenden soll.

Fig. 22. Der leuchtende Punct E sende einen seiner *Strahlen* EP auf den Spiegel P, der ihn in der Richtung Pq auf den Spiegel cq zurückwirft, und dieser zweite Spiegel *reflectire* den Strahl in der Richtung qrst.. auf die Linsen C'r, C''s, C'''t.., durch welche er auf die in der Zeichnung angezeigte Art gebrochen wird. Man bestimme den Weg des Strahls, vorausgesetzt, daſs alle Linsen mit dem zweiten Spiegel cq dieselbe Axe EO'' haben und daſs der Strahl in allen Theilen seines Weges sich nur sehr wenig von dieser gemeinschaftlichen Axe entfernt.

Nennt man wieder p und p' die Brennweiten der beiden Spiegel und p'', p''' ..... die der Linsen C'r, C''s... und ist, wie oben, die conjugirten Distanzen

$EC=a$ und	$CF=\alpha$
$cF=a'$	$cG=\alpha'$
$GC'=a''$	$C'O=\alpha''$
$OC''=a'''$	$C''O'=\alpha'''$
$O'C'''=a^{IV}$	$C'''O''=\alpha^{IV}$ u. s. w.,

so hat man (wie in F. I) die Gleichungen

---

1 Vergl. *Fernrohr*. Bd. IV. S. 185.

$=\frac{1}{a}+\frac{1}{\alpha}, \frac{1}{p'}=\frac{1}{a'}+\frac{1}{\alpha'}, \quad \frac{1}{p''}=\frac{1}{a''}+\frac{1}{\alpha''}$, u. s. w.,

enn Δ, Δ', Δ''.. die Distanzen der Spiegel und der
unter einander bezeichnen,

$=a'+\alpha, \quad \Delta''=a''+\alpha', \quad \Delta'''=a'''+\alpha''$ u. s. w.

Ausdrücke gelten nämlich nach der oben (in A) erhal-
Gleichung (III) ebenso wohl für Linsen, als auch für Spie-
nd dasselbe wird daher auch von den übrigen Ausdrük-
n F) gelten, da sie aus den gegenwärtigen auf dieselbe
für Spiegel wie für Linsen abgeleitet werden. So er-
an z. B. für die Oeffnungshalbmesser x, x' der Spiegel
', x''', x^{IV}... der auf einander folgenden Linsen wie oben
)

$x'=\frac{a'x}{\alpha}, \quad x''=\frac{a'a''x}{\alpha\alpha'}, \; x'''=\frac{a'a''a'''x}{\alpha\alpha'\alpha''}$ u. s. w.,

s sofort folgt, dafs die Winkel, unter welchen der äu-
Strahl EP die Axe EO'' in den verschiedenen Puncten
, O, O'.... schneidet, folgende Werthe haben:

$$\text{Winkel in } F=\frac{x}{\alpha}$$

$$G=\frac{a'x}{\alpha\alpha'}$$

$$O=\frac{a'a''x}{\alpha\alpha'\alpha''}$$

$$O'=\frac{a'a''a'''x}{\alpha\alpha'\alpha''\alpha'''} \text{ u. s. w.}$$

r leuchtende Gegenstand E sehr weit vom ersten Spiegel
nt, so ist $a=\infty$ und $\alpha=p$, wie bei den Linsen. Auch
in diesem Falle die letzte der Gröfsen a'', a''', a^{IV}.....
der Brennweite der letzten Linse genommen werden,
die durch diese Linse gebrochenen Strahlen unter sich
el ins Auge treten müssen (übereinstimmend mit F. V.).

Ganz dieselben Ausdrücke, die wir oben (F. IV.) für die
e der Bilder oder (F. V.) für die Vergröfserung m des
rischen Fernrohrs oder (F. X.) für das halbe Gesichts-
p gefunden haben, werden auch für das gegenwärtige,
piegeln und Linsen zusammengesetzte System gelten.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen der Anwendung der für Linsen gefundenen Ausdrücke auf Spiegel darf hier nicht übersehn werden. Es ist der, welcher die Grösse betrifft, die im Vorhergehenden so oft vorkommt. Ist nämlich Θ der Einfalls- und Θ' der gebrochene Winkel, so hat man für alle Linsen bekanntlich

$$\frac{\mathrm{Sin.}\,\Theta}{\mathrm{Sin.}\,\Theta'} = n.$$

Für den Uebergang des Lichts aus Luft in dichtere Körper, wo der Strahl durch die Linse zum Einfallslothe hin gebrochen wird, ist $\Theta > \Theta'$, also auch $n > 1$. Für den Uebergang aus Luft in Glas kann man im Mittel $n = \frac{3}{2}$ annehmen, also auch für den Uebergang des Lichts aus Glas in Luft $n = \frac{2}{3}$. Bei Spiegeln aber wird das auf sie fallende Licht von der Oberfläche des Spiegels nicht aufgenommen, sondern, grössten theils wenigstens, wieder zurückgeworfen, und zwar bekanntlich so, dafs der Einfallswinkel Θ gleich dem Reflexionswinkel Θ' oder dafs $\Theta = \Theta'$ ist. Diese beiden Gleichungen

$$\frac{\mathrm{Sin.}\,\Theta}{\mathrm{Sin.}\,\Theta'} = n \text{ für die Refraction}$$

und

$$\Theta = \Theta' \text{ für die Reflexion}$$

zeigen, dafs die Reflexion der Lichtstrahlen, analytisch betrachtet, als ein besonderer Fall der Reflexion angesehn werden kann, nämlich als eine Refraction, bei welcher der Einfallswinkel gleich dem gebrochenen Winkel ist, nur mit dem Unterschiede, dafs der reflectirte Strahl nicht der durch die Brechung bestimmten Richtung, sondern der entgegengesetzten folgt. Mit andern Worten: die für die Refraction durch Linsen erhaltenen analytischen Ausdrücke werden auch für die Reflexion durch Spiegel gelten, wenn man nur in jenen die Gröfse $n = -1$ setzt.

J. Parabolische und elliptische Spiegel.

Es ist bereits oben (B) gesagt worden, dafs man leicht solche Spiegelformen finden kann, welche die Eigenschaft haben, dafs alle auf sie aus einem Puncte auffallenden Strahlen wieder in einen einzigen Punct reflectirt werden, für welche Spiegel daher die Abweichung wegen der Gestalt verschwindet.

ā den sphärischen Spiegeln als ein bedeutendes Hin- erscheint. Allein es wurde auch zugleich bemerkt, ssere Künstler solche Spiegel nicht mehr mit der erfor- en Genauigkeit darstellen können und dafs sie daher n minder vollkommnen, aber sehr genau ausführbaren chen Spiegeln stehen bleiben müfsten.

s ist bekannt, dafs in einem Hohlspiegel, welcher durch ndrehung einer Parabel um ihre Axe entsteht, alle dieser arallel einfallenden Strahlen nach der Reflexion genau im puncte der Parabel vereinigt werden, und dafs ebenso iem Hohlspiegel, welcher durch die Umdrehung einer um ihre grofse Axe entsteht, die aus einem der bei- rennpuncte kommenden Strahlen nach der Reflexion ich in den andern Brennpunct der Ellipse reflectirt 1. Wegen dieser Eigenschaften hat man die paraboli- und elliptischen Spiegel mit grofsen Hoffnungen eines chen Erfolgs für Teleskope vorgeschlagen. Allein auch jener Schwierigkeit der praktischen Ausführung hat labei nicht bedacht, dafs bei den parabolischen Spiegeln chon die geringste Neigung der Strahlen gegen die Axe inter sich selbst und ebenso bei den elliptischen Spie- uch nur die kleinste Entfernung des leuchtenden Puncts m einen Brennpuncte der Ellipse bewirkt, dafs die Strahlen ler Reflexion keineswegs mehr in einem einzigen Puncte igt, sondern vielmehr sehr stark zerstreut werden, so dafs h das Bild eines Gegenstandes, der auch nur eine ge- Ausdehnung im Raume hat, sehr undeutlich und ver- erscheinen mufs. Um diefs zu zeigen, sey ACP die ende Ellipse eines solchen Spiegels, AP ihre grofse F, F′ ihre Brennpuncte und die auf der Axe senkrechte FB = z der leuchtende Gegenstand. Dieses vorausge- verden also die von dem Puncte F kommenden Strah- erdings genau in den Punct F′ reflectirt und in diesem Puncte wird daher ein deutliches Bild jenes ersten Punctes ugt werden. Um aber auch den Vereinigungspunct der em äufsersten Puncte B des Objects FB nach der Re- kommenden Strahlen zu finden, verlängere man BF , so dafs BF = Ff werde, und ziehe durch den an- Brennpunct F′ die Linie F′B′ parallel mit FB so, dafs ndpunct B′ in die Verlängerung der Linie Af falle, so

Fig. 23.

ist B' der gesuchte Vereinigungspunct der von B kom Strahlen, vorausgesetzt, dafs die Oeffnung des Spiegel klein angenommen wird, weil nämlich die Axe PA senkrecht auf der Ellipse steht und so durch die ang Construction der Einfallswinkel gleich dem Reflexion gemacht wird. Ist also a die halbe grofse Axe, Excentricität der Ellipse und FB = z' das gesuchte Bi hat man wegen der Aehnlichkeit der Dreiecke AF A F' B'

$$z' = \frac{1+e}{1-e} . z.$$

Damit aber das Bild B' von B deutlich erscheine, mufs jede BC, der von B kommt, nach dem Puncte B' reflectirt w oder wenn Cq die Normale in C ist, so mufs für jedes C der Winkel BCq gleich dem Winkel qCB' seyn. D doch die Winkel qCF und qCF' gleich grofs sind, so auch BCF = B'CF' seyn. Allein wir werden sogleich dafs diese Winkel $BCF = \omega$ und $B'CF' = \omega'$ nich nicht gleich, sondern vielmehr beträchtlich von einande schieden sind.

Zu diesem Zwecke sey FC = r und AFC = ebenso $F'C = r' = 2a - r$ und $AF'C = \nu'$, so ha aus der bekannten Gleichung der Ellipse, wenn p den h Parameter derselben bezeichnet,

$$r = \frac{p}{1 + e \text{ Cos.} \nu}, \; r' = \frac{p}{1 - e \text{ Cos.} \nu}$$

und

$$\text{Sin.} \nu' = \frac{r}{r'} . \text{Sin.} \nu.$$

Allein die Dreiecke BFC und B'F'C geben, wenn auf die vorhergehende Gleichung

$$(1 - e) z' = (1 + e) z$$

Rücksicht nimmt,

$$\text{Tang.} \omega = \frac{z \text{ Cos.} \nu}{r + z \text{ Sin.} \nu},$$

$$\text{Sin.} \nu' = \frac{r \text{ Sin.} \nu}{2a - r}$$

und überdiefs

$$\text{Tang.} \omega' = \frac{z' \text{ Cos.} \nu'}{r' - z' \text{ Sin.} \nu'} = \frac{z' \text{ Cos.} \nu'}{2a - r - z' \text{ Sin.} \nu'}.$$

iesen Gleichungen kann man für jeden Werth von ν
iden Winkel ω und ω' finden. Zur bequemern Ueber-
vollen wir den Winkel ν nur klein annehmen und die beiden
ie von ω und ω' in Reihen auflösen, in welchen wir
rößsen von der Ordnung $z.\nu^2$ und $z^2.\nu$ vernachlässigen.
dieser Voraussetzung giebt die Gleichung für die El-

$$\frac{1}{r}\,\text{Cos.}\,\nu = \frac{1+e}{p} - (1+2e)\frac{\nu^2}{2p}$$

$$\frac{1}{r'}\,\text{Cos.}\,\nu' = \frac{1-e}{p} - \frac{(1-2e)\nu'^2}{2p},$$

ndlich

$$\nu' = \frac{1+e}{1+e}.\nu.$$

ituirt man diese Werthe in den vorhergehenden Aus-
en von Tang. ω und Tang. ω', so erhält man

$$\text{Tang.}\,\omega = \frac{z(1+e)}{p} - (1+2e)\frac{z\nu^2}{2p} - (1+e)^2\frac{z^2\nu}{p^2}$$

$$\text{Tang.}\,\omega' = \frac{z'(1-e)}{p} - (1-2e)\frac{z'\nu'^2}{2p} + (1-e)^2\frac{z'^2\nu'}{p^2}$$

wenn man in der letzten Gleichung die vorhergehenden
he von z' und ν' substituirt,

$$\omega' = (1+e)\frac{z}{p} - \frac{(1-2e)(1-e)\,z\nu^2}{2(1+e)p} + (1-e^2).\frac{z^2\nu}{p^2}.$$

Differenz dieser beiden Werthe von Tang. ω' und Tang. ω
, da auch die Winkel ω' und ω nur klein sind,

$$\omega' - \omega = \frac{3ez\nu^2}{p(1+e)} + 2(1+e)\frac{z^2\nu}{p^2},$$

Diese Gleichung zeigt, daſs nicht $\omega' = \omega$ ist, und daſs
Differenz dieser Winkel oder daſs die daraus entstehende
utlichkeit des Bildes desto gröſser ist, je gröſser der
nesser z des leuchtenden Gegenstandes, je gröſser die
Oeffnung ν des Spiegels und je gröſser endlich die
ntricität e der Ellipse ist. Ist z. B. $\nu = 12° = 43200''$,
0,05 Zoll und $p = 4{,}3$, so hat man für $e = 0{,}64$

$$\frac{3ez\nu^2\,\text{Sin.}\,1''}{p(1+e)} = 123''.$$

$$\frac{2(1+e)z^2\nu}{p^2} = 19'',1,$$

also auch die gesuchte Differenz

$$\omega' - \omega = 142'',1 = 0^\circ\, 2'\, 22'',1$$

oder bereits grofs genug, um schon eine sehr störende
deutlichkeit des Bildes zu erzeugen, woraus aber folgt,
die so oft zu Teleskopen vorgeschlagenen parabolischen
hyperbolischen Spiegel, wenn sie auch von unsern Kün
in der geforderten Schärfe erzeugt werden könnten, doch
geeignet seyn würden, zur Vervollkommnung unserer
leskope wesentlich beizutragen.

K. Newton's Teleskop.

Wir gehen nun zu der Beschreibung und Erklärung
vorzüglichsten unserer Spiegelteleskope über.

Bald nach der Erfindung der dioptrischen Fernröhr
Anfange des siebzehnten Jahrhunderts kam der italie
Jesuit NICCOLO ZUCCHI zuerst, wie es scheint, a
Idee, der Objectivlinse von Glas einen Spiegel zu subst
und auf diese Weise zuerst ein Spiegelteleskop auszuf
Ohne ZUCCHI's Erfindung zu kennen, machte MERSENN
das Jahr 1639 in Paris ähnliche Versuche, so wie 166
COB GREGORY in England. Die beiden Letztern wollten
aus parabolische Spiegel in Aufnahme bringen, da si
ihnen allein die gewünschte Wirkung erwarteten. E
bemächtigte sich NEWTON im Jahre 1668 dieses Gegens
und gab nicht nur zuerst eine vollkommene Beschreibung
selben, sondern führte ihn auch auf eine Weise praktisch
die die Bewunderung aller seiner Zeitgenossen auf sich
Dieses *Newtonianische Teleskop*, wie es noch jetzt ge
wird, erhielt vorzüglich deſswegen einen so allgemeinen
fall, weil es die Gegenstände ohne alle Farbe an ihrem R
zeigte, was keines der damaligen dioptrischen Fernröhr
leisten im Stande gewesen war.

Aus dem Vorhergehenden ist bekannt, daſs die Lichtst
len, die parallel mit der Axe auf einen sphärischen Hoh
gel einfallen, in einen Punct der Axe zurückgeworfen we
der um den halben Halbmesser der Kugel entfernt ist, w
welcher der Spiegel einen Theil bildet. (A. Gleichung

s vorausgesetzt stelle Ppp'P' einen hohlen Cylinder vor, Fig. 24.
af irgend einem Fufsgestelle so befestigt ist, dafs er leicht
jedem Puncte des Himmels gerichtet werden kann. Das
Ende dieses Cylinders sey durch einen sphärischen Hohl-
el PAP' geschlossen, dessen Brennpunct F in der ge-
schaftlichen Axe des Cylinders und des Spiegels so liegt,
AF gleich dem halben Halbmesser des Spiegels ist. Wird
ach der an dem andern Ende pp' offene Cylinder so ge-
, dafs von einem sehr entfernten Gegenstande die Licht-
len auf den Spiegel fallen, so wird in diesem Brennpuncte
n farbenloses Bild jenes Gegenstandes entstehen. Wird
der von dem Spiegel kommende Strahlenbüschel in einer
gen Entfernung von F, wo dieser Büschel wegen der
ergenz seiner Strahlen schon sehr eng geworden ist, durch
kleinen ebenen Spiegel sas', der gegen die Axe AF
einem Winkel von 45 Graden geneigt ist, aufgefangen,
ufs derselbe gegen F' hin und so reflectirt werden, dafs
' = Fas und dafs aF = aF' ist, weil der ebene Spiegel
Convergenz oder die Neigung der Strahlen nicht ändert.
n wird also das Bild des Gegenstandes im Puncte F' er-
inen. Wird nun in der Umgegend von F' eine Oeffnung
er Cylinderwand angebracht und in dieser Oeffnung ein
rer kleiner Cylinder nn'm'm, so wird das Auge in O
h Hülfe von Ocularlinsen, die in der kleinen Röhre
ckmäfsig angebracht sind, gleichsam durch ein Mikroskop
s Bild in F' deutlich sehen können. Diese Vorrichtung
t die Gegenstände verkehrt dar, wenn nicht, wie bei dem
ernrohre, durch mehrere Ocularlinsen für eine neue In-
ion des Gegenstandes gesorgt wird, und man sieht über-
s die Gegenstände, welche man durch das Fernrohr be-
htet, in einer auf ihre wahre Lage senkrechten Richtung
man sieht sie in der Richtung OF', während man sie
unbewaffnetem Auge in einer durch O gehenden und
AF parallelen Lage sehen würde. Das Blatt rt, an
chem der Spiegel sas' befestigt ist, dient dazu, diesen Spie-
mittelst der Druckschraube H an dem Orte des Innern des
inders zu befestigen, wo die Bilder der Objecte am deut-
sten erscheinen. Die Abweichung wegen der Farben ist bei
sem und allen andern Spiegelteleskopen, wie bereits gesagt, nur
ofern zu berücksichtigen, als mit diesen Instrumenten auch

Glaslinsen, zu den Ocularen nämlich, angewendet wer[den].
Auch die Abweichung wegen der sphärischen Gestalt ist, [wie]
oben (B) gezeigt wurde, bei den Spiegeln beträchtlich [klei]ner
als bei den Linsen. Dessenungeachtet ist diese letzte Ab[wei]chung bei Spiegeln von sehr großer Oeffnung (und diese i[st]
für starke Vergrößerungen immer nothwendig) oft sehr [stö]rend, und dieses ist auch die Ursache, warum man bei N[ew]ton's Teleskope die Oeffnung des Spiegels nicht leicht gr[ößer]
als $\frac{1}{12}$ oder $\frac{1}{15}$ ihrer Brennweite anzunehmen pflegt. W[enn]
die kleine Röhre n n′ m m′ nur eine einzige Ocularlinse [ent]hält, so werden, bei stärkern Vergrößerungen wenigstens [die]
Ränder des Bildes schon farbig erscheinen. Man wird d[aher]
besser eine doppelte Linse anwenden und diese nach [dem]
einrichten, was oben[1] gesagt worden ist, um diese Farben[zer]streuung aufzuheben.

Die Abweichung wegen der Gestalt aber ist (nach [B,]
wenn man a = h setzt, wie für Teleskope, durch [welche]
man nur sehr weit entfernte Gegenstände betrachten will, [aus]gemessen ist,

$$R = \frac{m x^3}{4} \cdot \left[P + \left(\frac{a'}{\alpha}\right)^4 . P' + \left(\frac{a' a''}{\alpha \alpha'}\right)^4 . P'' + \left(\frac{a' a'' a'''}{\alpha \alpha' \alpha''}\right)^4 . P''' + \ldots\right.$$

und in diesem Ausdrucke gehören die in P'', P''' ... mul[tipli]cirten Glieder bloſs den Ocularlinsen an, deren Wirkung [im]mer nur sehr klein ist und durch eine einfache Veränd[erung]
der Stellung dieser Linsen leicht ganz unmerklich gemacht [wer]den kann. Nicht so ist es mit den beiden ersten Gliedern [des]
vorhergehenden Ausdrucks, die den beiden Spiegeln des T[e]leskops angehören und die daher eine besondere Berücks[ich]tigung verdienen. Setzt man, für weit entfernte Gegenst[ände,]
$a = \infty$ und $\alpha = p$, so findet man

$$P = \frac{1}{8 p^3} \text{ und } P' = \frac{(\alpha' - a')^2}{8 a'^2 \alpha'^2 p'},$$

so daſs man also hat

$$R = \frac{m x^3}{32 p^3} \left[1 + \frac{a'^2 (\alpha' - a')^2}{\alpha^2 p p'}\right]$$

und diese Gleichung gehört, wie man sieht, für alle Spie[gel]teleskope. Für das Newtonianische, wo der zweite Spiegel [ein]
ebener ist, hat man $p' = \infty$ und daher

1 S. Art. *Mikroskop*. Bd. VI. S. 2241.

$$R = \frac{m x^3}{32 p^3}.$$

er Ausdruck, der daher die ganze Wirkung des grofsen
gels enthält, ist zwar viel kleiner, als er bei einer ebenso
en Linse seyn würde. Wenn aber die Oeffnung x des
gels bedeutend und die Vergröfserung m stark ist, so
R immer noch leicht einen so grofsen Werth haben, dafs
ch die Deutlichkeit des Bildes gestört wird. Ist z. B.
100 und $\frac{x}{p} = \frac{1}{20}$, so findet man

$$R = \tfrac{1}{2560} = 0^\circ\, 1'\, 21'',$$

schon bedeutenden Winkel, der auf die Reinheit des
s sehr nachtheilig einwirken kann.

Da es schwer, wenn nicht unmöglich ist, die Oeffnung
Spiegels, bei welcher die sphärische Abweichung noch un-
lich ist, theoretisch zu bestimmen, so wird es am gera-
ten seyn, zur Erfahrung zurückzugehen, und bei einzelnen
enen Teleskopen zu sehen, wie weit man hierin gehn
Es wurde oben (letzte Gleichung unter B) gezeigt, dafs,
ieselbe sphärische Abweichung, die vierten Potenzen der
ung x sich wie die dritten Potenzen der Brennweite p
piegels verhalten müssen. Sind demnach x und x' die
n Oeffnungen zweier Objectivspiegel und p und p' ihre
weiten, so hat man

$$x^4 : x'^4 = p^3 : p'^3,$$

uch

$$x = x' \sqrt[4]{\frac{p^3}{p'^3}}$$

$h \cdot \sqrt[4]{p^3}$, wenn nämlich der Kürze wegen $h = \frac{x'}{\sqrt[4]{p'^3}}$
tzt wird. Bezeichnet aber y den Halbmesser des cylindri-
n Lichtbüschels, der nach der Refraction durch das Ocular aus
r Linse tritt, so mufs, da y wegen der Klarheit, die bei
n Spiegeln dieselbe bleiben soll, der Vergröfserung um-
hrt proportional ist, die Proportion bestehn:

$$m : m' = \frac{x}{y} : \frac{x'}{y'},$$

wo m die Vergröſserung des Teleskops bezeichnet. D
folgt

$$m = h' . \sqrt[4]{p^3},$$

wenn wieder

$$h' = \frac{m'}{\sqrt[4]{p^3}}$$

gesetzt wird. Da aber die Vergröſserung $m = \frac{p}{q}$ ist, wo
die Brennweite der Ocularlinse bezeichnet, so hat man

$$q = \frac{p}{m} = \frac{1}{h'} . \sqrt[4]{p}.$$

Wir erhalten demnach folgende Ausdrücke

$$h = \frac{x'}{\sqrt[4]{p^3}} \text{ und } h' = \frac{m'}{\sqrt[4]{p^3}},$$

$$x = h . \sqrt[4]{p^3}, \; m = h' . \sqrt[4]{p^3} \text{ und } q = \frac{\sqrt[4]{p}}{h'},$$

und mittelst dieser Gleichungen wird man jedes Tele
leicht mit einem andern, dessen Wirkung schon aus Beob
tungen erprobt ist, vergleichen können. Um dieses dur
Beispiel zu zeigen, wollen wir die Behauptung Hadley's
zuerst die Objectivspiegel der Teleskope zu einer nam
Vollkommenheit gebracht hatte, zu Grunde legen, nach
cher ein Objectivspiegel von 62½ engl. Zoll Focaldistanz
Oeffnung von 5 Zoll und eine Ocularlinse von $\frac{3}{10}$ Zoll noch
gut vertragen soll. Hadley macht dabei die Bemerkung, daſs
solches Teleskop einem dioptrischen Fernrohre von Huygens
von 123 Zoll Länge, aber ohne Röhre, völlig gleich zu achten
indem er durch das erste alles das sehen konnte, was H
gens durch das letzte sah. Hadley sah mit jenem Tele
nach seiner Versicherung die fünf entferntern Satelliten
turns. Sucht man aus den obigen Bestimmungen die Gr
der sphärischen Abweichung R dieses Hadley'schen Telesk

so findet man $\frac{x'}{p} = \frac{1}{25}$, also auch R = 85",9, eine Gr

die man allerdings schon als die Grenze betrachten muſs
ein Spiegelteleskop nicht leicht übersteigen darf. Betrac
man also, um das aufgestellte Beispiel weiter fortzuführen,

mit einem Accent bezeichneten Größen, als dem Hadley'schen Teleskop angehörende, so hat man

$$p' = 62,5, \quad q' = 0,3,$$

$$x' = \frac{5}{4} \text{ und } m' = \frac{p'}{q'} = 208,33.$$

Dann erhält man aber mittelst der vorigen Gleichungen

$$h = 0,1125, \quad k' = 9,3722$$

$$x = 0,1125 \sqrt[4]{p^3}$$

$$m = 9,3722 \sqrt[4]{p^3}, \quad q = 0,1067 \sqrt[4]{p}.$$

Verlangt man also z. B. für einen Spiegel von 10 engl. Fuß Focaldistanz die Oeffnung x, die Vergrößerung m und die Brennweite q des ihnen entsprechenden Oculars, so hat man

$p = 120$ Zoll, und Log. $\sqrt[4]{p} = 0,51979$, so wie

$$\text{Log.} \sqrt[4]{p^3} = 1,55938,$$

also auch

$$x = 4,0777 \text{ Zoll}$$

$$m = 340$$

$$q = 0,353 \text{ Zoll.}$$

Die ganze Oeffnung des Objectivspiegels wird demnach [illegible] = 8,1554, die Brennweite des Oculars $q = 0,353$, die Vergrößerung $m = 340$ seyn.

Nach diesen Vorschriften hat Smith[1] folgende Tafel berechnet, die für die Künstler von gutem Gebrauche seyn wird.

---

[1] Cours d'Optique. T. I. p. 394. éd. Avignon. 1767.

Brennweite des Objectivs	Brennweite des Oculars	Vergröſse-rung	Oeffnung Objecti 2x
1 Fuſs	0,61 Zoll	20	0,55 Z
2	0,85	28	0,77
3	1,05	34	0,95
4	1,20	40	1,09
5	1,35	44	1,23
6	1,47	49	1,34
7	1,60	53	1,45
8	1,71	56	1,55
9	1,80	60	1,64
10	1,90	63	1,73
15	2,32	77	2,12
20	2,70	89	2,45
25	3,01	100	2,74

Der erste vergleichende Blick, den man auf beide wirft, zeigt schon die groſsen Vorzüge, die dem Sp leskope gegenüber dem dioptrischen Fernrohre zuk Ein Spiegel von 2 Fuſs Brennweite z. B. verträgt sch 102fache Vergröſserung, die man mit einem Huygh Fernrohre erst mit einer Objectivlinse von 25 Fuſs Br erreichen kann. Es ist wahr, daſs die Erfindung de matischen Fernröhre durch Dollond jene überw Vortheile der Spiegelteleskope um einen sehr gros vermindert hat, weil man den achromatischen Fernröh ne viel gröſsere Oeffnung geben kann; auch ist nicht zu nen, daſs die feinpolirten Spiegel, wenn sie der Luft, ders zur Nachtzeit, ausgesetzt werden, sehr leicht an und matt, ja selbst ganz unbrauchbar werden, währe Gläser schon bei einer geringen Vorsicht leicht im gut stande erhalten werden können. Selbst die bequemere H habung der dioptrischen Fernröhre bei Beobachtungen u ihrer Anbringung an messende Instrumente, z. B. an die nomischen Kreise, spricht wieder für die letzteren, u mehr, da so groſse und kostbare Spiegel gewöhnlich ni ihren Rahmen bleiben, sondern nach vollendeter Beoba wieder herausgenommen und an einem Orte verwahrt w müssen, der gegen die Einwirkung der Luft und der F tigkeit geschützt ist, ein Verfahren, das die Spiegel zur wendung auf eigentliche *Meſsinstrumente* in der Astro

endbar macht, da es nicht möglich ist, einen
Spiegel genau wieder in seine frühere Lage zu
n und also auch frühere Beobachtungen mit spätern zu
ichen. Auf der andern Seite erfordern aber unsere
natischen Fernröhre, wenn sie sehr stark vergröſsern
, auch sehr lange Röhren, die an Meridiankreisen z. B.
nbequem und selbst schädlich sind, da sie wegen ihrer
mannigfaltigen Biegungen unterworfen sind, ein Vor-
der die *dialytischen Fernröhre* nicht mehr trifft, wie sie
'Lössl in Wien verfertigt werden, da sie bei gleicher
ng mit den achromatischen Fernröhren um den fünften
elbst vierten Theil kürzer seyn können, als diese.

Abgesehn aber von diesem eigentlich messenden Ge-
he der Fernröhre werden die Spiegelteleskope überall
s die vorzüglichsten Sehwerkzeuge anzuerkennen seyn,
s sich bloſs um eine starke Vergröſserung und um eine
tende Lichtstärke handelt, wie denn auch, in dieser Be-
ng, keines unserer bisherigen dioptrischen Fernröhre sol-
Leistungen aufzuweisen hat, wie sie die groſsen Spiegel-
kope Herschel's geliefert haben, die in Beziehung auf
Vergröſserung wenigstens von keinem andern erreicht
len sind. Nicht so vielleicht in Hinsicht auf Lichtstärke,
ich im Verhältniſs zu ihrer Gröſse. Denn wenn auch die
tstärke der Herschel'schen Teleskope viel gröſser seyn
als die unserer besten Fernröhre, da die Oberfläche ihrer
ctivspiegel ebenfalls die Oberfläche der Objectivlinsen so
übertrifft, so scheint doch die Helligkeit dieser Spiegel
lange nicht so groſs zu seyn, als sie von so groſsen und
lpolirten Flächen zu erwarten wäre. Die Ursache dieser
heinung ist wahrscheinlich in der sphärischen Gestalt zu
en, die Herschel, aus den oben angeführten Gründen,
seine Spiegel beibehalten hat. Bei Spiegeln von so gro-
Oeffnung ist, wie wir oben gesehn haben, die Abwei-
ng R wegen der Sphäricität derselben nothwendig auch
eutend, und dadurch wird die Helligkeit oder eigentlich
Reinheit und scharfe Begrenzung des Bildes ohne Zwei-
sehr gestört. Anders scheint es sich mit denjenigen *para-
ischen* Spiegeln zu verhalten, die erst in den letzten Jahren
ici in Modena mit so groſser Vollkommenheit zu verfer-
n wuſste, daſs er mit einem seiner Teleskope dieser Art,

des 8 Fuſs Länge auch nur 1½ Zoll Oeffnung hatte, die Satelliten Jupiters selbst bei vollem Tageslichte deutlich [illegible] konnte.

L. Gregory's Teleskop.

Es wurde bereits oben erwähnt, daſs Jacob Gregory [illegible] England gegen das Jahr 1663, also mehrere Jahre vor Newton, Spiegelteleskope zu verfertigen suchte, von welchen die ersten seinen Wünschen nicht entsprachen, wahrscheinlich weil die elliptische und parabolische Form, die er seinen Spiegeln geben zu müssen glaubte, nicht in der hier nöthigen Vollkommenheit ausgeführt werden konnte. Nachdem Newton seine Construction des Teleskops bereits bekannt gemacht hatte, wendete sich auch Gregory den sphärischen Spiegeln wieder zu, gab ihnen aber eine andere Stellung, wodurch er den für die Beobachtungen allerdings bedeutenden Vortheil erreichte, daſs er sein Teleskop in der Richtung der Gesichtslinie von dem Auge nach dem Gegenstande zu richten [illegible] während bei der Einrichtung Newton's das Fernrohr [illegible] Gesichtslinie senkrecht stand. Nach dieser Construction [illegible] P p p′ P′ ein bei p p′ offener Cylinder mit dem sphärischen Spiegel b A b′, dessen Axe mit der Axe des Cylinders zusammenfällt und der in seiner Mitte A durchbohrt ist. [illegible] Oeffnung A führt zu einem zweiten kleineren Cylinder [illegible] in welchem die beiden Ocularlinsen n und n′ enthalten [illegible] Der Brennpunct dieses groſsen oder Objectivspiegels ist F, [illegible] auf der andern Seite dieses Punctes F ist ein anderer, kleiner concaver Spiegel s s′ auf derselben Axe aufgestellt, der die von F kommenden Strahlen auf das Ocular n reflectirt, von welchem sie auf das Ocular n′ und endlich in das Auge O geführt werden. Mittelst der Schraube H L kann der kleine Spiegel s s′ von dem groſsen b A b′ entfernt oder ihm genähert werden, bis das Bild des Gegenstandes am deutlichsten erscheint.

Fig. 25.

Es ist klar, daſs man zwei Hohlspiegel mit zwei Ocularlinsen auf verschiedene Weisen zu einem Spiegelteleskop zusammenstellen kann. Zuerst könnte man das von einem entfernten Gegenstande entworfene Bild F durch den kleinen Spiegel nach A bringen und daselbst durch ein einfaches Ocular

vergrössert darstellen lassen, oder auch durch ein dop- Ocular n und n, wie es in den zusammenzusetzen Spiegelteleskopen dieser Art gewöhnlich ist. Allein bei r Einrichtung wird das Gesichtsfeld des Teleskops zu , und es ist schwierig, die gefärbten Ränder des letzten es gänzlich wegzuschaffen. Auch läfst sich in der Gegend er Oeffnung des grofsen Spiegels nicht wohl ein Diaphrag- oder eine Blendung anbringen, da dieses die directen tstrahlen hindern würde, die wichtigsten Theile des gro- Spiegels, die nämlich nahe um seine Oeffnung herumlie- zu erreichen. In der That mufs schon diese Oeffnung t in der Mitte des Spiegels als ein grofser Nachtheil Gregorianischen Teleskope betrachtet werden, da durch lbe die Haupt- oder Centralstrahlen ganz verloren gehn. em letzten Uebelstande könnte man allerdings dadurch be- en, dafs man den zweiten oder kleinern Spiegel so stellt, t das von ihm entworfene oder das zweite Bild in die he des grofsen Spiegels selbst falle, wo dann die beiden sen n und n etwas gen O zurückgerückt werden müssen. r dadurch wird doch den beiden andern Fehlern, dem zu nen Gesichtsfelde und dem gefärbten Rande, nicht abge- en. Eine dritte Anordnung, und diese ist in der That ige, welche man bei der Construction dieser Teleskope ugsweise gewählt hat, ist die, bei welcher das zweite zwischen die beiden Ocularlinsen fällt und wo überdiefs erste dieser Linsen in der Oeffnung des grofsen Spiegels st steht.

Sey also PP' der grofse, in RR' durchbohrte und QQ' kleine Spiegel, RR' und ss' die beiden Linsen und Gpq gemeinschaftliche Axe dieser Linsen und Spiegel. Sey er F der Brennpunct des grofsen Spiegels, also auch Ff verkehrte Bild eines entfernten Gegenstandes. Das zweite würde, wenn die erste Linse RR' nicht da wäre, seyn; da aber diese Linse die von F auf sie fallenden hlen mehr convergent macht, so werde dadurch dieses ite Bild nach Hh gebracht, wo H der Brennpunct des iten Oculars ss' ist, so dafs also die Strahlen von dem iten Bilde Hh durch die letzte Linse ss' in unter sich llelen Richtungen nach dem Auge O des Beobachters kom-

Fig. 26.



men. Nach dieser Anordnung haben wir also, wenn wi
oben eingeführten Bezeichnungen beibehalten,

$$Fp = \alpha = p, \quad Fq = a' \quad Gq = \alpha',$$
$$Gp = -a'', \quad Hp = \alpha'' \text{ und } Hn = a''' = p''',$$

wo p die Brennweite des grofsen Spiegels und p''' die Br
weite der letzten Linse n ist. Ebenso wollen wir, wie
p' die Brennweite des kleinen Spiegels QQ' und p'' d
ersten Linse RR' nennen. Die halbe Oeffnung des g
Spiegels aber soll x und die halben Oeffnungen des kl
Spiegels, der Linse p und der Linse n in derselben Ord
$p'\omega'$, $p''\omega''$, $p'''\omega'''$ seyn, wo, wie die Figur zeigt
Gröfsen ω' und ω'' positiv, ω''' aber negativ ist. Vo
Gröfsen α, α', α'' ... und a, a', a'', ... ist blofs die Grö
negativ, alle andern aber positiv, und m wird dann
eine negative Gröfse oder das letzte Bild des Teleskops
aufrecht seyn. Dieses vorausgesetzt mufs nun folgendes
dingungsgleichungen genug gethan werden:

$$m = \frac{\alpha\alpha'\alpha''}{a'a''a'''}, \quad p'\omega' = (\alpha + a').\varphi$$

$$p''\omega'' = \left(\frac{\alpha\alpha'}{a'''} - a''\right)\varphi + a''\omega'$$

$$\varphi = \frac{\omega''' - \omega'' + \omega'}{m + 1},$$

welche Gleichungen alle aus F. I bis X. folgen. Da
lich noch die Linse RR' in der Fläche des grofsen Sp
liegen soll, so mufs $\alpha + a' = \alpha' + a''$ seyn.

Um den gefärbten Rand der Bilder wegzuschaffen,
man (nach G.)

$$\omega'' + \omega'''.\frac{a'''}{\alpha''} = 0$$

setzen, weil nämlich $\Theta' = 0$ und $\Theta'' = \Theta'''$ ist, wenn
Linsen aus derselben Glasart genommen werden. Um
auf positive Gröfsen zurückzubringen, wollen wir

$$\frac{\alpha}{a'} = P, \quad \frac{\alpha'}{a''} = -P', \quad \frac{\alpha''}{a'''} = P''$$

setzen und m in — m, so wie ω''' in $-\omega'''$ verwandeln,
dann für das gröfstmögliche Gesichtsfeld $\omega'' = \omega'''$ ge
werden mufs. Endlich wollen wir noch der Kürze we

. ω''' setzen. Durch diese Anordnungen gehn die vor-
enden Gleichungen in folgende über:

$$\text{(I)}\ m = P P' P''; \quad \text{(II)}\ \frac{\zeta \omega''' p'}{a'} = (P+1).\varphi$$

$$\text{(III)}\ \frac{\omega''' p''}{a''} = -(PP'+1)\varphi + \zeta.\omega'''; \ \text{(IV)}\ \varphi = \frac{(2-\zeta)\omega'''}{m-1}$$

$$\text{(V)}\ a'(P+1) = -a''(P'-1); \quad \text{(VI)}\ 1 - \frac{1}{P''} = 0.$$

lit Hülfe dieser sechs Gleichungen sollen nun die sechs
n

$$\alpha, \alpha', \alpha'', a', a'' \text{ und } a'''$$

urch die letzten die Gröſsen m, ω''', φ und ζ bestimmt
n. Nehmen wir also die Gröſsen α, ω''' und m als ge-
an, und lassen wir überdieſs die Gröſse P noch un-
mt, da wir in der Folge bald Gelegenheit haben wer-
über sie auf eine angemessene Weise zu verfügen. Um
en angenommenen Gröſsen α, ω''', m und P alle übrigen
stimmen, so giebt zuerst die Gleichung (VI)

$$P'' = 1,$$

as sofort folgt

$$\alpha'' = a''' = p'''.$$

rdieſs giebt die Gleichung (I)

$$P' = \frac{m}{P}$$

aus der Stellung der Zeichnung folgt

$$a' = \frac{\alpha}{P} \text{ und } a'' = -\frac{\alpha'}{P'}.$$

t giebt aber die Gleichung (V)

$$\alpha' = \frac{(P+1)\, m\, \alpha}{P(m-P)} \quad \ldots \text{(a)}$$

der Fundamentalgleichung der Optik

$$\frac{1}{p'} = \frac{1}{a'} + \frac{1}{\alpha'}$$

folgt sofort, wenn man in ihr die vorhergehenden Wer-
on a' und α' substituirt,

$$p' = \frac{m(P+1).\alpha}{mP(P+2) - P^2} \quad \ldots \text{(b)}$$

rdieſs hat man

$$a'' = -\frac{\alpha'}{P'} = -\frac{P\alpha'}{m} = -\frac{(P+1)\alpha}{m-P} \quad \ldots \text{(c)}$$

$$\frac{p'}{a'} = \frac{(P+1)m}{m(P+2)-P} \quad . \quad (d)$$

Dieser Werth von $\frac{p'}{a'}$ aber, mit der Gleichung (II) ver[bunden]
giebt

$$\zeta\omega''' = \frac{m(P+2)-P}{m} . \varphi . . (e)$$

und da ebenso die Gleichung (IV) giebt

$$\zeta\omega''' = 2\omega'' - (m-1)\varphi,$$

so hat man, wenn man diese zwei Werthe von $\zeta\omega'''$ [ein]der gleich setzt,

$$\varphi = \frac{2m\omega'''}{m(m+1)+P(m-1)} \quad . . \quad (f)$$

Führt man diesen Werth von φ in der Gleichung (e) [ein, so]
wird

$$\zeta = \frac{2m(P+2)-2P}{m(m+1)+P(m-1)} \quad . . \quad (g)$$

Die Gleichung (III) aber giebt, wenn man in ihr die [Werthe]
von P', φ und ζ substituirt,

$$\frac{p''}{a''} = -\frac{2(m-1)(m-P)}{m(m+1)+P(m-1)} \quad . . \quad (h)$$

und diese, mit der Gleichung (c) multiplicirt, giebt

$$p'' = \frac{2(m-1)(P+1)\alpha}{m(m+1)+P(m-1)} \quad . . \quad (l)$$

Allein in Folge der Gleichung

$$\frac{1}{p''} = \frac{1}{a''} + \frac{1}{\alpha''}$$

hat man auch

$$\frac{p''}{\alpha''} = 1 - \frac{p''}{a''} = \frac{m(3m-1)-P(m-1)}{m(m+1)+P(m-1)} \quad . . \quad (m)$$

und die Division der Gleichung (l) durch (m) giebt

$$\alpha'' = a''' = p''' = \frac{2(m-1)(P+1)\alpha}{m(3m-1)-P(m-1)} \quad . . \quad (n)$$

Endlich hat man noch für die Distanz des Auges vo[n der]
letzten Linse (F. XI.)

$$\frac{p'''\omega'''}{m\varphi} = \frac{m(m+1)+P(m-1)}{2m^2}$$

oder annähernd

$$\frac{p'''\omega'''}{m\varphi} = \tfrac{1}{2}\left(1 + \frac{1+P}{m}\right)p''' \ldots \quad (o)$$

emnach ist nur noch die angemessenste Bestimmung der
ω''' und P übrig. Die Gröſse ω''' ist aber das Ver-
s der halben Oeffnung der letzten Linse zu ihrer Brenn-
Nach dem oben Gesagten wird man ω''' nahe gleich $\frac{1}{4}$
n, und dann wird die Oeffnung des ersten Oculars
$\frac{1}{2}p''$ seyn. Da dieses Ocular in der Oeffnung des gro-
piegels stehn soll, so darf also p'' nicht gröſser seyn,
doppelte Durchmesser dieser Oeffnung. Wird ω''' noch
als $\frac{1}{4}$, so wird in demselben Verhältnisse auch das Ge-
eld vermindert werden. Um aber auch die Gröſse P zu
men, so wird man zuerst bemerken, daſs die Oeffnung
einen Spiegels nahe gleich seyn muſs der in der Mitte
oſsen Spiegels angebrachten Oeffnung. Damit aber das
einen namhaften Theil des Lichtcylinders erhalten kann,
n Rande des Gesichtsfeldes liegen, so muſs die Distanz
Mittelpuncte des kleinen Spiegels, nach welchem die äu-
en Hauptstrahlen gerichtet sind, beträchtlich kleiner seyn,
ie halbe Oeffnung desselben. Diese ist aber durch $p'\omega'$,
eiſst, durch $\zeta p'\omega'''$ gegeben, und sie ist, wenn der kleine
el mit der Oeffnung im groſsen Spiegel von gleicher
e angenommen wird, gleich

$$p''\omega'' = p''\omega'''.$$

uſs daher $\zeta p' < p''$ seyn. Allein die vorhergehende Glei-
g (g) giebt

$$\zeta p' = \frac{2m(P+1)\alpha}{m(m+1)P + (m-1)P^2},$$

mit einer hier hinlänglichen Annäherung

$$\zeta p' = \frac{p''}{P},$$

us daher folgt, daſs

$$\frac{p''}{P} < p''$$

, oder daſs überhaupt P eine Zahl seyn muſs, die gröſser
lie Einheit ist. Nehmen wir also den kleinen Spiegel
h groſs mit der Oeffnung in dem groſsen Spiegel und
nen wir, wie dieses in den meisten besseren Gregoriani-
n Teleskopen der Fall ist, überdieſs den Halbmesser die-

ses kleinen Spiegels gleich dem fünften Theile des Hal-
sers (d. h. der halben Oeffnung) des grofsen Spiegels
dafs also die halbe Oeffnung des kleinen Spiegels gle
ist. Damit alle der Axe parallele Strahlen von dem
Spiegel aufgenommen werden können, mufs man für die
Oeffnung des kleinen Spiegels haben

$$x' = \frac{a'x}{\alpha} = \frac{1}{5}x,$$

und damit überdiefs ein namhafter Theil des gegen
geneigten Strahlencylinders von dem Spiegel aufgefange
wird man

$$\frac{x}{5} > \frac{a'x}{\alpha}$$

annehmen, woraus dann folgt

$$\frac{\alpha}{a'} > 5.$$

Wir werden daher, damit das Gesichtsfeld nicht zu
schränkt werde, P gleich 6 oder 7 annehmen, könne
endlich das Verhältnifs von m und $\alpha = p$, d. h. das Ve
nifs der Vergröfserung des Teleskops zur Brennweite de
fsen Spiegels betrifft, so wird dasselbe von der Oeffn
hängen, die man diesem grofsen Spiegel geben will;
Oeffnung aber hängt wieder ab von der *Gestalt* diese
gels. Für parabolische Spiegel z. B. wird man diese Oe
ohne Zweifel viel gröfser annehmen können, als für sph
weil bei den letzten die Abweichung wegen der Ge
grofs ist, wenn die Oeffnung bedeutend genommen wi

Um das Vorhergehende auf ein Beispiel anzuwenden,
welches zugleich der Gebrauch jener Formeln am deut
wird, so sey von dem grofsen Spiegel

die Brennweite $\alpha = p = 9$ Zoll,

die halbe Oeffnung $x = 1{,}15$ Zoll

und der Halbmesser der Oeffnung in diesem Spiegel
Zoll. Man suche die Dimensionen des kleinen Spiegels
der beiden Ocularlinsen, um eine Vergröfserung von
erzeugen, wobei man zugleich die Gröfse des Gesich
und die Helligkeit des Teleskops bestimmen soll.
wir $P = 6$ an, so geben die vorhergehenden Ausdrück
der Ordnung folgende numerische Werthe:

$p' = 1,419$ Zoll $\quad a' = 1,600$ Zoll
$p'' = 2,099$ - $\quad \alpha' = 12,544$ -
$p''' = 0,819 = a''' = \alpha'' \quad a'' = -1,344$ -

istanz des Auges von der letzten Linse ist $= 0,459$ Zoll, tanz der beiden Spiegel aber $= \alpha + a' = \alpha' + a'' = 11,200$ und die der beiden Linsen endlich $= \alpha'' + a''' = 1,639$ wo die erste Linse genau in der Oeffnung des grofsen els angebracht wird. Um das entsprechende Gesichtsfeld Teleskops zu bestimmen, wird man die Gröfse ω''' su- Da nun der Halbmesser der Oeffnung in dem grofsen el oder, was dasselbe ist, da die halbe Oeffnung der er- Linse gleich $\frac{1}{4}$ Zoll ist, so wird $p''\omega''' = \frac{1}{4}$, also auch

$$\omega''' = \frac{1}{4p''} = \frac{1}{8,396} = 0,119$$

und mit diesem Werthe von ω''' giebt die vorherge- Gleichung (f)

$$\varphi = 0,003787$$

, wenn man diese Zahl durch 3438 multiplicirt,

$$\varphi = 13,06 \text{ Minuten},$$

als also das ganze Gesichtsfeld nahe 26 Minuten umfassen

Für die Helligkeit endlich hat man (vergl. F. VII.)

$$y = \frac{x}{m} = \frac{1,15}{56} = 0,02 = \frac{1}{50}\text{[1]}.$$

h ist übrig, die Abweichung wegen der Gestalt bei einem gorianischen Spiegelteleskop zu bestimmen. Nach dem oben agten hat man

---

1 Hätte man $P = 5$ angenommen, so würde man bei den vori- Werthen von p und m erhalten haben:

$p' = 1,66$ Zoll $\quad a' = 1,92$ Zoll
$p'' = 1,83$ — $\quad \alpha' = 12,6$ —
$p''' = 0,70$ — $\quad a'' = -1,13$ —
$\alpha'' = 0,70$ —
$a''' = 0,70$ —

l damit wird die Distanz des Auges von der letzten Linse $= 0,4$, der beiden Spiegel $= 11,52$ und endlich die der beiden Ocular- sen $= 1,4$ Zoll. Ferner hat man

$$\omega''' = \frac{1}{4p''} = 0,137 \text{ und daher } \varphi = 15,2 \text{ Min.},$$

o das Gesichtsfeld um nahe 2 Min. im Halbmesser gröfser, als zu- r.

$$R = \frac{m x^3}{32 p^3}\left[1 + \frac{a'^2 (\alpha - a')^2}{\alpha'^2 p p'}\right].$$

In dem vorhergehenden Beispiele war aber

$$m = 56, \quad \frac{x}{p} = 0{,}12, \quad p = 9{,}6,$$
$$p' = 1{,}419, \quad a' = 1{,}6 \text{ und } \alpha' = 12{,}544.$$

Substituirt man diese Werthe in der vorhergehenden Glei[illegible]
so erhält man

$$R = 0{,}003438,$$

das heifst

$$R = 11{,}82 \text{ Minuten.}$$

Diese Abweichung ist aber zu grofs, als dafs vom einem [Te]leskope dieser Art eine bedeutende Wirkung zu er[warten] wäre, wenn nicht etwa der grofse Spiegel parabolisch ge[schlif]fen wird. In der That ist dieses Beispiel nach einem [von] Short in England verfertigten Teleskope genommen [w]as das für eines seiner besten galt und in welchem der g[rofse] Spiegel parabolisch gewesen seyn soll.

M. Cassegrain's Teleskop.

Dieses Teleskop unterscheidet sich von dem Gregori[ani]schen nur dadurch, dafs der kleine Spiegel, der im Gre[gori]nischen gleich dem grofsen concav ist, *convex* gen[ommen] wird, dafs es also auch die Gegenstände verkehrt da[rstellt,] wenn anders dieser Umstand durch mehrere Ocular[linsen] Fig. 27. wieder verändert wird. Bei diesem ist PP der grofse, in [sei]ner Mitte ebenfalls durchbohrte concave Spiegel, der se[inen] Brennpunct in F hat; QQ' ist der kleine convexe Sp[iegel,] der die von dem grofsen Spiegel nach F reflectirten Str[ahlen] durch die Oeffnung RR' nach G wirft, so dafs statt des B[ildes] in F, dessen Entstehung durch den kleinen Spiegel geh[indert] wird, das erste Bild in G entsteht. Die Linse p in der Oe[ff]nung RR' des grofsen Spiegels macht endlich die erwäh[nten] von dem kleinen Spiegel nach G geführten Strahlen [mehr] convergent, so dafs dadurch jenes Bild Gg näher an den [gro]fsen Spiegel, nach Hh gebracht wird, und dieses Bild H[h] wird dann durch die zweite Ocularlinse SS' von dem Au[ge] in O betrachtet. Aus dieser Erklärung folgt sofort 1) [?]

Auge den Gegenstand in verkehrter Richtung sieht; 2) für dieses Teleskop in den obigen Formeln die Gröfsen nd a′ negativ sind und dafs, da der kleine Spiegel die ihn fallenden Strahlen nach dem Punct G′ bringen soll, Gröfse a′ gröfser als p′ seyn mufs; 3) dafs $\alpha' = qG$ po-, $a'' = pG$ negativ und $\alpha'' = pH$ negativ ist; 4) dafs Klarsehn $Hs = a''' = p'''$ seyn mufs; 5) dafs ω' negativ weil p′ negativ und $p'\omega'$ immer positiv ist; 6) endlich ω'' negativ und ω''' positiv ist, weil der gegen g und h htete Hauptstrahl die Linsen RR′ und SS′ über der Axe . Dieses vorausgesetzt werden daher unsere allgemeinen chungen, wenn wir sie auf positive Gröfsen zurückführ- folgende seyn:

$$\omega' = -\zeta\omega''', \quad \omega'' = -\omega''',$$

$$\frac{\alpha}{a'} = -P, \frac{\alpha'}{a''} = -P', \frac{\alpha''}{a'''} = P''',$$

dafs man daher folgende Ausdrücke erhält:

$$\text{(I)} \ldots m = PP'P'; \qquad \text{(II)} \ldots \frac{\zeta\omega''' p'}{a'} = (P-1) \cdot \varphi;$$

$$\text{(III)} \ldots - \frac{\omega''' p''}{a''} = (PP'-1)\varphi - \zeta\omega'''; \ \text{(IV)} \ldots \varphi = \frac{(2-\zeta)\omega'''}{m+1};$$

$$\text{(V)} \ldots a'(P-1) = a''(P'-1); \quad \text{(VI)} \ldots 1 - \frac{1}{P''} = 0.$$

Verfahren wir mit diesen Gleichungen wie oben beim Gregorianischen Teleskop, so erhalten wir, wie oben, die Gleichungen (a) bis (e):

$$a' = -\frac{\alpha}{P}; \quad \alpha' = \frac{\alpha(P-1)m}{P(m-P)};$$

$$p' = -\frac{m(P-1)\alpha}{mP(P-2)+P^2}; \ a'' = -\frac{\alpha(P-1)}{m-P};$$

$$= a''' = p''' = \frac{2(m+1)(P-1)\alpha}{m(3m+1)-P(m+1)}; p'' = \frac{2(m+1)(P-1)\alpha}{m(m-1)+P(m+1)};$$

$$\zeta = \frac{2m(P-2)+2P}{m(m-1)+P(m+1)}; \varphi = \frac{2m\omega'''}{m(m-1)+P(m+1)}.$$

und endlich für die Distanz des Auges von der letzten L[illegible]
den Ausdruck

$$\frac{\omega''' p''}{m \varphi} \text{ oder nahe } \tfrac{1}{2} p''' \left(1 + \frac{p-1}{m}\right).$$

Da die Lichtstrahlen, die von dem kleinen Spiegel QQ' [illegible] genommen werden, gegen den Punct F convergiren, so [illegible] hinreichend, diesen Spiegel nicht grösser, als die Oeff[nung] RR' des grossen Spiegels zu machen. Ist also die Oeffn[ung] des letzten gleich $\frac{1}{2}$. PP', so wird auch die halbe Oeff[nung] des kleinen Spiegels gleich $\frac{1}{2}$x seyn, so dass man also im Gregorianischen Teleskope, die Grösse P gleich 5 [illegible] nehmen kann. Die Brennweite p und die Oeffnung x [des] grossen Spiegels, die einer bestimmten Vergrösserung [ent]sprechen soll, wird von der Vorzüglichkeit abhängen, [mit] welcher der Künstler diesen Spiegel ausgearbeitet hat. [Um] jede schädliche Abweichung wegen der Gestalt zu verm[eiden], wird die parabolische Gestalt, wenn sie sonst mit der [nöthi]gen Schärfe ausgeführt werden kann, vorzuziehen seyn. [Legt] man dabei, wie oben bei dem Newtonianischen Teleskope [ge]schehn ist, irgend ein schon vollendetes vorzügliches Instru[ment] dieser Art zu Grunde, so wird man, um bei einem neuen [die]selbe Helligkeit und dieselbe Abweichung wegen der sp[häri]schen Gestalt zu erhalten, nach dem oben Gesagten die [drit]ten Potenzen der Brennweite den vierten Potenzen der Oeffn[un]gen proportional setzen. Bezeichnet daher p' und x' die Br[enn]weite und halbe Oeffnung des bereits vollendeten Instrumen[ts in] Beziehung auf den grossen Spiegel desselben, und nennt [man p] und x dieselben Grössen für den neuen Spiegel, so hat [man]

$$p^3 : p'^3 = x^4 : x'^4,$$

so dass daher

$$p = \frac{x}{x'} \cdot p' \sqrt[3]{\frac{x}{x'}}$$

seyn wird. Um auch dieses durch ein numerisches Bei[spiel] zu erläutern, legen wir mit Klügel[1] ein als gut anerkann[tes] Teleskop von Short zu Grunde, für welches p' = 9,6 [und] x' = 1,15 Zoll war. Um darnach ein Cassegrain'sches [Te]leskop mit der Vergrösserung m = 50 zu construiren, hat [man] wegen der Helligkeit

1 Analytische Dioptrik.

$$y = \frac{1}{50} \text{ Zoll, also auch } x = \frac{m}{50} = 1 \text{ Zoll,}$$

us man nach der letzten Gleichung für p findet

$$p = \alpha = \frac{9,6}{1,15} \sqrt[3]{\frac{1}{1,15}} = 7,97 \text{ Zoll}.$$

t man der gröfsern Einfachheit der Rechnung wegen $p = 8$ $x = 1$ und den Halbmesser der Oeffnung im grofsen gel gleich $\frac{x}{5} = 0,2$ Zoll, und überdiefs $m = 50$ und $P = 5$, rhält man

$a' = -1,600$ Zoll; $\alpha' = 7,111$ Zoll
$a'' = -0,711$ — $\alpha'' = a''' = 0,447$ —
$p' = -2,064$ — $p'' = 1,207$ —
$p''' = a''' = 0,447$ —

daraus folgt sofort:

Distanz der beiden Spiegel $= \alpha + a' = 6,400$ Zoll
. . . der beiden Linsen $= \alpha'' + a''' = 0,895$ —
. . . des Auges von der letzten Linse $= 0,242$ —

wieder die erste Linse in der Oeffnung RR′ des grofsen iegels angenommen wurde. Um bei diesem Fernrohre auch ch das Gesichtsfeld zu bestimmen, mufs man zuerst den erth von ω''' kennen. Für die erste Linse hat man die halbe ffnung gleich $p'' \omega'''$, also auch, wenn man diese Linse so ofs, wie die Oeffnung RR′ macht, $p'' \omega''' = 0,2$ Zoll, und her

$$\omega''' = \frac{0,2}{1,207} = \frac{1}{6,033}.$$

ieses giebt

$$\varphi = \frac{\omega}{27,05} = \frac{1}{163,2}$$

ler in Minuten des Bogens ausgedrückt

$$\varphi = 21,07 \text{ Min.}$$

Es läfst sich über diese Teleskope noch Folgendes bemeren. Will man bei ihnen die Abweichung wegen der Gestalt inzlich beseitigen, so mufs der grofse Spiegel parabolisch, er kleine aber hyperbolisch seyn, während beim Gregoriaischen Teleskope für den parabolischen grofsen Spiegel der leine elliptisch seyn soll. Doch kann man für beide Instruente den kleinen Spiegel immerhin sphärisch nehmen, da

der zu befürchtende Fehler des Instruments wegen der Ca
doch bei weitem am meisten vom großsen Spiegel abh
während der kleine Spiegel und die Oculare nur einen
geringen Einfluſs darauf äuſsern. Auch ist bei dem Ca
grain'schen Teleskope zu bemerken, daſs wegen des neg
Werthes von p', indem der kleine Spiegel *convex* ist,
Glieder der sphärischen Abweichung in dem obigen Aus
von R, die von dem kleinen Spiegel und den beiden Oc
ren abhängen, sich zum Theil gegenseitig aufheben, so
also, wenn der Einfluſs des groſsen Spiegels derselbe
die sphärische Abweichung bei dem Cassegrain'schen Tel
immer kleiner seyn wird, als bei dem Gregorianischen.
geschickte Auswahl der Krümmung beider Ocularlinsen
diese sphärische Abweichung, selbst die vom groſsen Sp
kommende, noch weiter vermindern können, was aber der
schicklichkeit des praktischen Künstlers überlassen bleibt,
es sich theoretisch nicht gut ohne Umständlichkeit durch
ren läſst[1].

Man hat den Gregorianischen und Cassegrain'schen Te
leskopen den Vorwurf gemacht, daſs der in seiner M
durchbohrte Spiegel die vorzüglichsten Lichtstrahlen u
wirksam und dadurch die Klarheit der Bilder schw
mache, was beim Newton'schen Instrumente nicht der F
ist. Der Vorwurf ist allerdings gerecht, aber er w
wieder dadurch gleichsam ersetzt, daſs man jene beiden Te
leskope leichter auf die zu untersuchenden Gegenstände r
ten oder pointiren kann, was beim Newton'schen nicht d
Fall ist. Uebrigens wird man bei den groſsen Teleskop
wo es auf eine sehr starke Vergröſserung und auf die grö
mögliche Helligkeit ankommt, keine der drei bisher erwäh
ten Constructionen vorziehn, sondern sich an diejenige h
ten, die der ältere Herschel bei seinen groſsen Teleskop
ausgeführt hat.

N. Herschel's Teleskop.

Der schon öfter erwähnte englische Optiker Short h
eine Reihe so trefflicher Gregorianischer Teleskope gelief

1 Mehreres über diesen Gegenstand findet man in Euler's Dioptr
ca und in Klügel's analytischer Dioptrik.

diese Construction lange Zeit nach ihm für die beste, ja die einzig wahre gehalten wurde. Dadurch hatte man von NEWTON ersonnene einfache und sinnreiche Einrichtung der Teleskope beinahe ganz vergessen. Aber HERSCHEL liefs sich von dieser, obgleich allgemein verbreiteten Ansicht nicht verführen und kehrte wieder zu NEWTON's Einrichtung zurück, die er aber für Teleskope von grofsen Dimensionen wesentlich verbesserte. Seine Arbeiten in diesem Fache bilden wohl den glänzendsten Theil der Geschichte unserer Katoptrik. Mit dem ihn auszeichnenden Eifer verfertigte er selbst mehrere Hunderte von Teleskopen nach NEWTON's Construction und im Jahre 1785 begann er, von seinem Monarchen GEORG III. unterstützt, das gröfste Instrument dieser Art, das vierzig englische Fufs Länge und dessen Spiegel 49 Zoll im Durchmesser als seine doppelte Oeffnung hatte. Mittelst kleiner convexer Linsen konnte er die Vergröfserung desselben bis auf 6400 treiben, ohne sein Instrument zu überladen, während bei den gröfsten dioptrischen Fernröhren (die FRAUNHOFER für Dorpat und Berlin geliefert hat) der Durchmesser des Objectivs nur 9 Par. Zoll, und die stärkste Vergröfserung nicht über 600, also mehr als zehnmal kleiner, als bei HERSCHEL's Teleskope, ist.

Bei diesem gröfsten aller Spiegelteleskope brauchte HERSCHEL blofs den erwähnten grofsen Spiegel ohne den kleinen. Dieser grofse Spiegel wurde in PAP′, aber etwas schief gegen die Axe AF des Rohrs PP′pp′, aufgestellt, so dafs das Bild F, welches dieser Spiegel von sehr entfernten Gegenständen entwirft, gegen die andere Oeffnung pp′ der Röhre, etwa in die Nähe von B hinfällt, wo dann das Auge des Beobachters dieses Bild nur durch eine stark vergröfsernde einfache oder doppelte Glaslinse sehn kann. Diese schiefe Stellung des Bildes aufser der Axe hat den Zweck, dafs der Kopf des Beobachters keinen zu grofsen Theil der von dem Gegenstande auf den grofsen Spiegel PP′ fallenden Strahlen bedecken oder aufhalten sollte. Fig. 24.

So viel man übrigens sich auch von diesem Riesenreflector versprechen durfte, so lieferte er doch lange nicht alle die Früchte, die man von ihm erwartete. Der grofse Spiegel verlor, indem er sich in der kühlen Nachtluft mit Dünsten überzog und oxydirte, sehr bald seine hohe Politur und mufste,

da man so große Summen nicht mehr als einmal auf ihr
wenden wollte, zur Seite gestellt werden. Die eigentl
Entdeckungen am Himmel, die W. Herschel für alle
unsterblich machen, wurden mit einem von ihm selbst ve
tigten Newtonianischen Teleskop gemacht, das 20 Fuß Br
weite und 18 Zoll im Durchmesser seines großen Sp
hielt, dasselbe, womit auch später sein Sohn, John Hers
viele seiner interessantesten Beobachtungen gemacht hat.

O. Ramage's Teleskop.

Seit dem älteren Herschel in London und Schr
in Lilienthal hat man sich besonders mit der Verfertigung
Verbesserung der dioptrischen Fernröhre beschäftigt, wo
Deutschland vorzüglich Fraunhofer in München durch
großen Refractoren Veranlassung gab. Seitdem hat,
unsern Tagen, Ramage in Aberdeen wieder die Spiegeltele
mit erneuertem Eifer vorgenommen. Er verfertigte me
große und stark vergrößernde Instrumente dieser Art,
nach Newton's Construction mit Weglassung des klei
Spiegels. Das größte dieser Spiegelteleskope in England
wohl in der ganzen Welt, da Herschel's 40füßiger
flector, wie gesagt, außer Gebrauch ist, wurde im Jahre
in dem Kön. Observatorium zu Greenwich aufgestellt.
große Spiegel hat 25 engl. Fuß Brennweite und 15 Zol
Durchmesser. Das ihn einschließende Rohr ist ein 12seit
Prisma von Holz, und der dazu angebrachte Apparat,
Aufstellung und zum Gebrauche desselben, ist ebenso
fach als sinnreich und wird als ein Meisterstück der ne
Mechanik betrachtet.

P. Prismen-Teleskop.

Im Jahre 1812 zeigte zuerst Brewster [1], daß man d
die Combination zweier Prismen von derselben Materie
ganz farbenlose Refraction erzeugen kann. Wenn ma
dreiseitiges Prisma so hält, daß die brechende Fläche des
ben horizontal liegt, und wenn man dann durch dasselbe

1 Treatise on new philosophical Instruments. Lond. 1813.

Fensterscheibe betrachtet, so wird man, indem man das
ma um seine verticale Axe dreht, eine Stellung desselben
en, für welche die Scheibe in ihrer natürlichen Gröſse er-
int. Diese Stellung wird diejenige seyn, für welche die
htstrahlen unter demselben Winkel aus dem Prisma heraus-
en, unter welchem sie in dasselbe gefahren sind. Dreht
n dann weiter die brechende Fläche gegen das Fenster hin,
wird sich die Scheibe in ihrer verticalen Richtung auszu-
nen oder länger zu werden scheinen. Wenn man aber
demselben Prisma die brechende Fläche in einer vertica-
Stellung hält und wie zuvor dreht, so wird sich die Scheibe
horizontaler Richtung auszudehnen oder sie wird breiter zu
rden scheinen. Verbindet man demnach zwei Prismen in
beiden erwähnten Lagen, so wird dadurch die Fenster-
eibe und überhaupt jeder andere durch diese beiden Pris-
n betrachtete Gegenstand sowohl in Länge als auch in
eite ausgedehnt, er wird nach allen seinen Richtungen *ver-
öſsert* erscheinen und wir werden gleichsam ein aus zwei
ismen zusammengesetztes Teleskop haben. Allein die Bilder
nes solchen Teleskops sind zugleich mit allen prismatischen Far-
n im Ueberflusse versehn und das Instrument wird in die-
m Zustande unbrauchbar seyn. Diesem Uebel zu begegnen
ebt es aber drei Mittel. I. Man kann die Prismen von einer
lchen Glasart nehmen, die alle gefärbten Strahlen bis auf
nen einzigen in sich aufnimmt, so daſs man also bloſs ein
omogenes, einfarbiges Licht erhält, oder, was dasselbe ist,
an kann zu den Prismen das gewöhnliche Glas nehmen, aber
afür eine Scheibe von jenem Glase vorstellen, welches alle
nders gefärbte Strahlen absorbirt. II. Man kann, statt der
ewöhnlichen Prismen, achromatische nehmen, und endlich III.
an kann noch zwei andere, den beiden ersten ganz gleiche
rismen, aber in umgekehrten Lagen, neben jenes erste Paar
ellen, und diese letzte Art möchte die beste in der Ausfüh-
ung seyn.

Aus der Zeichnung erkennt man leicht die Construction
ieses Prismen-Teleskops. A B und A C sind zwei Prismen von
erselben Glasart, denselben brechenden Winkeln und mit
enkrecht stehenden Brechungsflächen; E D und E F sind zwei
ndere, den ersten völlig ähnliche Prismen, auf dieselbe Weise
estellt, nur daſs ihre Brechungsflächen horizontal sind. Von

Fig. 28.

dem Objecte M tritt ein Lichtstrahl Ma in das erste Pri
EF bei a und verläfst das zweite Prisma ED bei b, trit
das dritte Prisma AC bei c und verläfst das vierte Pri
AB bei d, um von da in das Auge O zu kommen.
durch diese vier Prismen betrachtete Gegenstand M wird
den beiden Prismen EF und ED in horizontaler und
den beiden Prismen AB und AC in verticaler Richtung
gröfsert.

Die ersten dieser Instrumente liefs David Brews
ihr Erfinder, in Schottland ausführen, und sie wurden
selbst unter dem Namen *Trinoscope* verfertigt. Auch B
in England verfertigte mehrere derselben. Später wurden
von Amici in Modena, der vielleicht selbst auf diese
kam, in grofser Vollkommenheit verfertigt. Die brechen
Winkel der vier Prismen sind nahe gleich 15 Graden.
brigens ist bei der Construction dieses Instruments die
kommene Gleichheit der vier Prismen nicht absolut noth
dig. Es genügt, wenn nur die beiden AB und DE
sich und wenn auch AC und EF unter sich gleich sind,
man den noch übrig bleibenden Rest der Farben des
Prisma's durch eine kleine Veränderung in der Lage des
dern Prisma's leicht wegschaffen kann. Aus demselben Gr
ist es auch nicht nothwendig, dafs alle vier Prismen von
selben Glasart genommen werden.

Q. Blair's und Barlow's aplanatische Teleskope.

Die zuerst von dem grofsen Leonh. Euler ange
Idee der mit Flüssigkeiten angefüllten Objective, die Gele
heit zur Entdeckung der achromatischen Fernröhre gegeben
nahm in den neuern Zeiten Robert Blair wieder in
von Euler aufgestellten Sinne vor[1]. Statt des von Eu
vorgeschlagenen reinen Wassers nahm er Auflösungen
Salzen, durch welche die Farbenzerstreuung des Wassers be
trächtlich vermehrt wird, so wie Oele, von welchen mehr
wie das Steinöl oder das aus Steinkohlen und Bernstein ge
wonnene Oel, sich zu diesem Zwecke sehr angemessen

1 Transactions of the Roy. Soc. of Edinburgh. T. II.

haben sollen. Blair nannte diese Objective *aplanatische*, lurch sie, nach seiner Behauptung, in der That *alle* Farben hoben werden sollen, während man bei den gewöhnlichen matischen Fernröhren mit zwei oder drei Glaslinsen nur wei äufsersten Farben zu vereinigen sucht. Blair verte im J. 1789 ein solches Fernrohr von 12 Zoll Brenn- und 2 Zoll Oeffnung, das 140mal vergröfserte und nach nson's Zeugnifs[1] ein gewöhnliches achromatisches Fernrohr Dollond von 42 Zoll Brennweite übertroffen haben soll. aplanatischen Fernröhre wurden erst in den letzten Jahvon Barlow weiter vervollkommnet, indem er die zweite icave Linse mit Schwefelalkohol (*Sulphuretum carboni-*, *Sulphuret of carbon*) füllte und sie überdiefs in einer chtlichen Distanz von der ersten Linse stellte, während in beide Linsen, wie dieses bei den gewöhnlichen achroschen Fernröhren geschieht, nahe in unmittelbare Berüh- gebracht hatte. Diese Fernröhre von Barlow sollen sich h verhältnifsmäfsig sehr kurze Brennweite und durch ihre se Oeffnung auszeichnen. Barlow verfertigte ein solches natisches Fernrohr von 6 Zoll Oeffnung und 7 Fuſs Länge, en Wirkung von Brewster und Baily ungemein geprie- wurde. Man hat diesen, mit Flüssigkeiten gefüllten Obven den Vorwurf gemacht, dafs diese Flüssigkeiten bald unsten oder durch Ansetzung von Krystallen u. s. w. deriren. Allein Baily sah ein von Blair schon vor 30 en verfertigtes Objectiv dieser Art, das noch in ganz kommenem Zustande war. Auch soll nach Barlow diese ssigkeit, wenn es erfordert wird, bald und leicht wieder ch eine neue ersetzt werden können. Gröfsern Nachtheil man vielleicht, wie Fraunhofer sagte, von den Aendegen dieser Flüssigkeiten zu befürchten, die durch die Temtur erzeugt werden, da sie z. B. bei Sonnenbeobachtun-, wo sie den Strahlen dieses Gestirns ausgesetzt werden sen, in Wallungen gerathen, die den Beobachtungen sehr idlich entgegenwirken. Dafs der Schwefelalkohol unter n bisher bekannten Körpern die gröfste Farbenzerstreuungs-t hat, bemerkte zuerst Brewster im Jahre 1813. Diese ft ist bei dieser Flüssigkeit gleich 0,077, während sie

1 Edinburgh Journ. of Science. No. VIII.



beim Glase nur 0,027 und selbst beim Diamant nur 0,05
Nur Cassiaöl hat 0,089, also eine noch gröfsere Kraft;
dieses Oel ist aus andern Gründen zu Fernröhren nicht
anwendbar, wie jener Alkohol. Die ungemeine Flüchtig
dieses Alkohols ist allerdings ein Hindernifs seiner An
dung zu optischen Instrumenten, aber da wir Mittel ha
diese zu bekämpfen, so ist wohl kein Zweifel, dafs
Schwefelalkohol eine der wichtigsten Flüssigkeiten für
Construction optischer Instrumente ist, die vielleicht er
Nachwelt nach ihrem vollen Werthe erkennen wird[1].

Eines der vorzüglichsten dieser aplanatischen Fern
Barlow's hat eine einfache Objectivlinse von Glas, die
Oeffnung und 78 Zoll Brennweite besitzt. In der Entfer
von 40 Zoll von dieser convexen Glaslinse stellte er eine
cave mit Schwefelalkohol gefüllte Linse auf, deren B
weite 59,8 Zoll hatte, so dafs die auf die Glaslinse p
auffallenden Strahlen, die nach der Brechung durch
Linse gegen ihren Brennpunct convergiren, vor ihrer V
nigung in diesem Brennpuncte von der concaven Alkohol
aufgefangen werden und dadurch ihren Vereinigungspunct
der Entfernung von 104 Zoll von der Alkohollinse oder
144 Zoll (12 engl. Fufs) von der Glaslinse erhalten. Der
kohol ist zwischen zwei Menisken enthalten, die mit
eingeriebenen Glasringe sorgfältig geschlossen sind, u
der Krümmungshalbmesser der einen hohlen, gegen das
gekehrten Fläche der Alkohollinse 144 und der der
gegen die Glaslinse gerichteten Fläche 56,4 ist. Die R
in welcher beide Linsen sich eingeschlossen befinden, hat
Fufs Länge und die kleinere Röhre für die Oculare hat
nen Fufs. Dieses Fernrohr vertrug eine Vergröfserung
700 und zeigte die feinsten Doppelsterne des Verzeichnisses
von South und Herschel noch sehr deutlich. Mit der V
gröfserung von 120 erschien Venus schön weifs und
begrenzt, aber mit 360 zeigte sie schon einiges Farben
Saturn mit 120maliger Vergröfserung gab einen sehr sch
Anblick, die Duplicität des Rings war schon deutlich erkennb
aber mit 360maliger zeigte er sich noch viel deutlicher.

1 Brewster in Edinburgh Phil. Trans. T. VIII. p. 285.

Achromatische Sonnenteleskope mit einfachen Linsen.

Schon D'ALEMBERT hat gezeigt, dafs man ein *achromaes* Teleskop mit einer einfachen Objectivlinse und mit Ocularlinse construiren kann, wenn man nur die Glas-, von welchen man diese zwei Linsen nimmt, von verdner Brechbarkeit und Farbenzerstreuung auswählt. Zu m Zwecke hat er das Ocular concav und von einer viel ern Dispersivkraft, als das Objectiv, zu nehmen vorgegen. Allein die treffliche Idee blieb unausgeführt, weil damals die Körper in Beziehung auf ihre Dispersivkraft nicht hinlänglich kannte. Ja selbst in unsern Tagen hat diesen Vorschlag nur noch für Theaterperspective angelt; es könnte aber eine Zeit kommen, wo man auf diese infachung der dioptrischen Fernröhre wieder mit gröfserem en zurückkommen wird, als man durch HERSCHEL auf die ection des Newtonianischen Teleskops gekommen ist. Dieser den kleinen Spiegel weg, unsere Nachfolger werden vielt die zweite Objectivlinse weglassen und doch, blofs h die Verschiedenheit der Glasart, vollkommen achromati- Fernröhre mit blofs zwei Linsen erbauen, die nicht mehr iel Licht absorbiren, als unsere gegenwärtigen sehr dicken pellinsen und unsere vielfachen Oculare. BREWSTER igt zu diesem Zwecke einstweilen, allerdings nur wieder Theaterperspective, folgende Construction vor, wobei die ectivlinse von einer wenig und die Ocularlinse von einer stark farbenzerstreuenden Glasart genommen und zuch vorzüglich die rothen Strahlen, als die schädlichsten, itigt werden sollen.

Objectivlinse von	Ocularlinse von	Vergröfserung.
Kronglas . . .	Flintglas	$1\frac{1}{4}$
Wasser	Cassiaöl	2
Bergkrystall . .	Flintglas	2
Bergkrystall . .	Anisöl	3
Kronglas . . .	Cassiaöl	3
Bergkrystall . .	Cassiaöl	6

Wenn man aber ein Teleskop blofs für sehr stark be- htete Gegenstände, z. B. blofs für die *Sonne* brauchen will,

so läſst sich noch eine andere sehr wesentliche Vereinfa
anbringen. Man kann nämlich die einfache Objectivlinse
aus irgend einer willkürlichen Glasart machen, aber das
Ocular oder eine der Ocularlinsen aus einer solchen G
nehmen, die nur homogenes Licht von einer bestimmten F
durchläſst. Selbst ein Planglas der letzten Art, vor das
strument gestellt, wird schon zu demselben Zweck führen
nen. Am vortheilhaftesten wird man durch dieses Mitte
Farben, bis auf die rothe, absorbiren lassen, wozu man
kanntlich mehr als ein Mittel hat. Das Objectiv wird,
einfach ist, noch der sphärischen Abweichung unterw
seyn; aber wenn man die Krümmungsradien dieses Ob
gehörig gewählt hat, so wird man, da es sich bei einem
chen Instrumente nur um Beobachtungen der so stark
tenden Sonne handelt, schon mit einer kleinen Oeffnun
Objectivs sich begnügen können, ohne der Helligkeit des
dadurch Eintrag zu thun. Für geringe Oeffnungen aber
wie man aus dem Vorhergehenden weiſs, auch die sphä
Abweichung immer nur gering. Wenn ein solches In
ment von gröſserer Brennweite mit Umsicht und Geschick
keit ausgeführt wird, so wird man, wie Brewster
damit mehr in der Sonne sehn, als man bisher mit
besten Fernröhren gesehen hat. Wenn wir einen festen
flüssigen Körper finden könnten, welcher alle Farben
Spectrums, nur die gelbe nicht, vollkommen absorbirt,
dürfte ein Teleskop dieser Art auch für Tagbeobacht
und selbst für alle astronomische Zwecke auf eine ganz
zügliche Weise geeignet erscheinen. Sollte dereinst die
den Linsen oder Spiegeln eine parabolische oder hyper
sche Fläche genau zu geben, erfunden werden, so w
alle diese hindernden Rücksichten, die aus der sphär
Abweichung entstehn, mit einem Male entfernt werden
unsere Kunst, optische astronomische Instrumente zu ver
gen, würde einen sehr groſsen Schritt zu ihrer Vollk
zurücklegen.

Selbst wenn man sich bloſs des rothen Lichts bed
will, könnte man die optischen Instrumente, vorzüglic
zur Astronomie bestimmten, auf eine sehr einfache Weise
deutend vervollkommnen. Wenn z. B. die rothen Strah
den zehnten Theil der gesammten weiſsen Strahlen bild

rfte man nur die Fläche des Objectivs zehnmal grösser
n, um wieder dieselbe Helligkeit zu erhalten. Dadurch
zwar die sphärische Abweichung allerdings bedeutend ver-
rt werden, aber wenn man bedenkt, dafs diese sphärische
ichung zu der, die von der Farbenzerstreuung entsteht, sich
wie 1 zu 1200 verhält, so wird man in der Vergröfse-
des Objectivs ziemlich weit gehn können, ohne der
eit des Bildes bedeutenden Abbruch zu thun. Bei un-
gewöhnlichen Fernröhren wird man ohne Zweifel schon
Vortheile erlangen, wenn man bei ihnen solche gefärbte
r anwendet, die auch nur die äufsersten rothen Farben
pectrums absorbiren, wenn sie auch nicht ein vollkom-
farbenloses oder homogenes (gleichfarbiges) Bild erzeu-
Diese Bemerkung könnte für die Besitzer (und ihre
ist nicht gering) solcher achromatischen Fernröhre sehr
ich werden, die zu den mittelmäfsigen gehören, und mit
ı sie doch, ohne grofsen Kostenaufwand, weiter gehen
en, als sie bisher im Stande waren.

ei vielen dieser letzterwähnten Fernröhre hebt die Flint-
nse die Farbenzerstreuung der Kronglaslinse nicht ganz
der, was ebenso oft geschieht, sie hebt diese Zerstreuung
als auf, wodurch die Bilder wieder im farbigen Saume
einen. Ueberhaupt zeigen alle achromatische Fernröhre,
as Kron- und Flintglas gemacht sind, die sogenannten
dären Farben, nämlich die weingelbe und die grünliche
, die den Rand der Bilder mehr oder weniger umgeben.
hon diese Randfarben bei einem nur einigermafsen guten
ohre sehr fein und leicht aufgetragen erscheinen, so ist
ch besser, sie gänzlich zu entfernen, und das kann sehr
t durch solche Gläser geschehn, welche diese Farben
biren, ohne der Intensität des Lichts bedeutend Eintrag
un. Die dazu geeigneten Glasarten wird man offenbar
ichersten durch Experimente finden, da jene secundären
n selbst wieder bei verschiedenen Fernröhren verschie-
sind, indem sie von der Natur der Glasart abhängen, die
zu den beiden Linsen genommen hat.

3. Absorption des Lichts durch Reflex und durch Refraction.

Wenn das Licht von der Oberfläche eines Körpers rückgeworfen wird, oder wenn es, nachdem es einen d sichtigen Körper durchdrungen hat, auf der andern Seite selben den Körper wieder verläfst oder gebrochen wir geht in beiden Fällen ein Theil des auf den Körper g nen Lichtes verloren oder es wird absorbirt. Da ab jeder Verlust des Lichtes als ein Schaden für das o Instrument betrachtet werden mufs, so läfst sich die sch oft aufgeworfene Frage, ob man die dioptrischen oder die optrischen Instrumente vorziehen, ob man diese oder zu vervollkommnen streben soll, wenigstens in einer I beziehung, auch so stellen: *Geht unter übrigens gleiche ständen bei der Refraction oder bei der Reflexion Licht verloren?*

Um diese für die optischen Instrumente höchst w Frage zu beantworten, mufs man zuerst die Absorption näher kennen lernen. Bekanntlich absorbiren selbst durchsichtige Körper, wie Wasser, Luft u. s. w., we sehr dicke Schichten bilden, einen grofsen Thei Lichts. Darum sehen wir auf den Gipfeln hoher Ber Licht der Sterne so viel heller und darum sehn wir die hellsten Körper, wenn sie am Grunde eines tiefen sers liegen, gar nicht mehr. Die absorbirende Kraft d zeigt sich uns im Grofsen an den gefärbten Wolken, c morgendlichen oder abendlichen Himmel schmücken, u des Wassers sieht man am besten unter der Taucher wo selbst die Sonne am Mittag in einer dunkelrothen erscheint. In diesen beiden Fällen werden nur gewisse Strahlen des Spectrums vorzugsweise absorbirt, und zw den genannten Beispielen alle bis auf die rothe, die alle zu den Wolken und hier zu dem Auge des Taucher Weg findet. Unter allen uns bekannten Körpern absor Holzkohle das meiste Licht, derselbe Körper aber ist z in einem hohen Grade durchsichtig, wenn er in sel dünntem Zustande als Gas oder wenn er krystallisirt a mant auftritt. Ebenso sind die meisten Metalle im Z der Auflösung durchsichtig, feine Gold- und Silberb

das Licht in großer Menge durch sich gehen, und die erscheinen dabei in einem schönen grünlichen, die zwei- n einem blauen Lichte.

Ueber die eigentliche Ursache dieser Absorption ist man nicht im Klaren. Man hat geglaubt, daſs die Lichttheil- von den Elementen des absorbirenden Körpers nach Richtungen reflectirt, oder auch, daſs sie durch die in n Elementen wohnenden Kräfte zurückgestoſsen und dann diesen Körpern selbst in eine Art von Assimilation ge- t werden. Allein dann müſsten stark absorbirende Kör- wie die Holzkohle, wenn sie längere Zeit einem starken te, z. B. dem der Sonne, ausgesetzt werden, eine Art von phorescenz annehmen oder doch in einer weiſsen Farbe einen. Da aber im Gegentheile alles Licht, welches in Körper dringt, nie mehr sichtbar wird, so scheint es, das Licht von den Elementen des Körpers aufgehalten unterdrückt wird und dann in der Form einer imponde- ln Materie in dem Körper verbleibt.

Es ist nicht unwahrscheinlich, daſs diese Körper, welche Licht stark absorbiren, an ihrer Oberfläche aus einer gro- Anzahl von dünnen Blättern bestehn. Wenn z. B. die ste dieser dünnen Schichten die Kraft besitzt, von dem sie fallenden Lichte den 10. Theil, also z. B. 100 von 1000 sie fallenden Strahlen zu absorbiren, so werden $\frac{9}{10}$ des rünglichen Lichts, oder 900 Strahlen auf die zweite Schicht n, diese absorbirt wieder den 10. Theil derselben oder Strahlen, so daſs also nur 810 auf die dritte Schicht fallen rden, u. s. w. Daraus folgt, daſs die Quantität des von em Körper durchgeschickten Lichts durch eine gegebene Anzahl Schichten gleich ist dem durch eine Schicht durchge- ickten Lichte erhoben auf eine Potenz, deren Exponent die zahl dieser Schichten ist. Werden also durch eine Schicht Strahlen durchgeschickt, so werden durch drei Schichten

$$\left(\frac{9}{10}\right)^3 = \frac{729}{1000}$$

r es werden 729 Strahlen von 1000 durchgeschickt werden und Menge der absorbirten Strahlen wird 271 seyn. Mit andern orten: die durchgelassene Lichtmenge vermindert sich in geo- trischer Progression, während die Dicke der Schichten in thmetischer zunimmt. Nimmt man daher die Einheit für Menge der einfallenden Strahlen und x für die Men-

ge derjenigen Strahlen, welche übrig bleiben, nach-
die Einheit des Wegs durchlaufen ist, so ist für den zurück-
gelegten Weg t die übrigbleibende Lichtmenge gleich x^t.
x offenbar ein ächter Bruch oder kleiner als die Einheit
Bezeichnet daher a die Anzahl der rothen Strahlen in
weifsen Lichtstrahl, a′ die der orangefarbigen, a″ der
Strahlen u. s. w., so wird der durchgelassene Strahl, nach-
er die Tiefe t erreicht hat, durch

$$a.x^t + a'.x'^t + a''.x''^t + ..$$

ausgedrückt werden, wo jedes Glied die Intensität des
sprechenden gefärbten Strahls giebt und wo die Intensität
weifsen Strahls gleich $a + a' + a'' + \ldots\ldots$ ist; daraus
dafs eine vollständige Absorption des Lichts streng
men bei keiner endlichen Dicke der Schichten statt
kann und dafs, wenn x für einen Strahl sehr klein ist,
eine mäfsige Dicke den Bruch x^t auf eine ganz unmerk-
Gröfse herabbringen wird. Wenn z. B. eine Glasplatte
der Dicke eines Zehntel Zolls nur ein Zehntel der
fallenden Strahlen absorbirt, so wird eine Platte von
Zoll Dicke nur

$$(\tfrac{9}{10})^{10}$$

oder sie wird nur 304 von 1000 Strahlen durchlassen,
rend eine 10 Zoll dicke Platte nur

$$(\tfrac{9}{10})^{100} = 0{,}0000266,$$

das heifst, von 100000 Strahlen nur noch 3 durchlassen
so dafs daher die letzte Platte für unsere Sinne schon
eine völlig undurchsichtige zu halten ist.

Wir haben in dem Vorhergehenden die einzelnen Far-
unterschieden. In der That ist auch bei allen Körpern die Absorp-
der rothen Strahlen z. B. eine ganz andere, als die der
oder gelben u. s. w. Gewisse Wolken absorbiren z. B.
blauen Strahlen und werfen nur die rothen zurück, wäh-
andere wieder, wie es scheint, alle Farben in gleicher
absorbiren und also auch reflectiren, da man durch
Wolken die Sonne und den Mond ganz in weifser Farbe
blickt. Verdünnte Tinte z. B. ist ein solcher Körper, der
Farben in gleichem Mafse verschlingt, und W. Herschel
sie deshalb angewendet, um durch sie ein ganz weifses
nenbild zu erhalten. Dasselbe thut unter den harten Körpern
der Obsidian.

Alle eigentlich gefärbten Körper, feste sowohl als flüssige,
en auf verschiedene Farben auch verschieden. In der
t sind sie ja auch nur deshalb gefärbte Körper, weil sie
farbigen Strahlen des Lichts auf verschiedene Weise in
aufnehmen. Wie aber auch die Farbe eines Mittels be-
ffen seyn mag, so läfst es doch alle Strahlen hindurch,
n die Dicke desselben unendlich klein ist. Denn ist $t = 0$,
wird x^t gleich 1 seyn, wie auch x beschaffen seyn mag.
er sind alle dünnen Glasblasen und Glasplatten, wenn sie
aus gefärbtem Glase geformt worden sind, farblos, und
elbe gilt auch von dem Dampfe der gefärbten Flüssigkei-
Wenn hingegen das Mittel auch nur in geringem Grade
ge Strahlen leichter durchgehn läfst, als andere, so kann
Mittel so dick gemacht werden, dafs es jede beliebige
bung erhält; denn ist x auch nur ein wenig kleiner als
Einheit und finden zwischen den Werthen von x für ver-
iedene Strahlen auch nur sehr geringe Unterschiede statt,
kann man durch die Vergröfserung von t, das heifst, durch
Vergröfserung der Dicke des Körpers die Gröfse x^t so
in machen als man will. Bei sehr dunkel gefärbten Mit-
n sind alle Werthe von $x, x', x'' \ldots$ sehr klein. Wären
aber alle genau gleich grofs, so würde das Mittel blofs
Licht aufhalten, ohne den hindurchgehenden Strahl zu
ben. Körper dieser Art sind uns bis jetzt noch unbe-
nnt.

Ohne diesen interessanten Gegenstand hier weiter zu ver-
lgen, wollen wir nur zusehn, ob diese Absorption des
chts bei dioptrischen oder bei katoptrischen Fernröhren, alles
rige gleich gesetzt, gröfser ist. Der jüngere Herschel ist,
er war wenigstens früher, der Ansicht, dafs Metallspiegel
ihrem höchst polirten Zustande nur den dritten Theil des
f sie fallenden Lichts absorbiren, wonach dann den Spiegel-
leskopen ein sehr grofser Vortheil über die Fernröhre mit
aslinsen eingeräumt werden müfste. Auch sind, nach dem-
lben ausgezeichneten Beobachter, unsere Refractoren den
eflectoren erst dann gleich zu achten, wenn die Oeff-
ng des Objectivs bei den ersten gleich 0,85 der Oeff-
ung der Spiegel bei den zweiten ist, so dafs z. B. seinem
0füfsigen Reflector mit einem Spiegel von 18 Zoll im Durch-
messer ein Refractor erst dann gleichgesetzt werden könnte,

wenn die Oeffnung oder der Durchmesser des Objectivs bei dem letztern 18mal 0,85 oder $15\frac{3}{10}$ Zoll betrüge, eine Gröfse, die noch keine unserer Objectivlinsen erreicht hat. Das oben erwähnte Riesenteleskop von Herschel, dessen Länge 40 Fufs beträgt, hat einen Spiegel von 48 Zoll im Durchmesser. Ein dioptrisches Fernrohr müfste daher eine Objectivlinse von 48mal 0,85 oder von 40,8 Zoll, das heifst, von 3 Fufs 4$\frac{4}{5}$ Zoll haben, um nach jener Schätzung dem 40füfsigen Spiegelteleskope gleich zu kommen. Es ist aber nicht wahrscheinlich, dafs wir je so grofse Glaslinsen erhalten werden, da, die grofse homogene Masse selbst abgerechnet, die Schwierigkeit der Gestaltgebung einer solchen Linse mit ihrer Gröfse in einem solchen Verhältnisse wachsen, welches das der dritten Potenz des Durchmessers dieser Linsen weit übersteigt. Allein die Sache scheint sich nicht so zu verhalten, und Fraunhofer liefs sich durch jene Behauptungen nicht irre machen, sondern fuhr vielmehr fort, die dioptrischen Fernröhre weiter zu vervollkommnen, denen er die Spiegelteleskope sehr nachsetzen zu müssen glaubte. Er behauptete nämlich, dafs die Spiegel von dem auf sie fallenden Lichte viel mehr absorbiren, als bei dem Durchgange desselben durch Objectivlinsen von Glas verloren geht. Es ist mir unbekannt, ob Fraunhofer darüber eigene, concludente Beobachtungen angestellt hat, aber seine Ansicht wurde vollkommen durch diejenigen, sehr umständlichen, Beobachtungen bestätigt, die später Potter[1] angestellt hat. Nach diesen Beobachtungen gehen bei der Reflexion von metallnen Spiegeln von jeden 100 Strahlen 45, also beinahe die Hälfte (nicht, wie oben gesagt wurde, ein Drittel), verloren, und dieses zwar, wenn sie auf ebene Spiegeln unter 45 Graden auffallen. Dazu kommt noch die Unvollkommenheit der Reflexion, die von der nicht völlig glatten Oberfläche selbst der bestpolirten Spiegel abhängt und die, nach demselben Beobachter, das auf die Spiegel fallende Licht fünf- bis sechsmal mehr nach allen Richtungen zerstreut, als dieses bei der Refraction durch Glaslinsen der Fall ist. Würden diese Unvollkommenheiten der Reflexion und Refraction bei Spiegeln und Linsen nahe von derselben Gröfse seyn, so würde das Herschel'sche Teleskop, dessen Spiegel

1 Edinburgh Journ. of Science. N. VI. p. 283.

oll Durchmesser hat, zu dem gröſsten Refractor FRAUN-
n's, dessen Objectiv 9 Zoll im Durchmesser beträgt, sich
lten wie 48^2 zu 9^2 oder wie 28 zu 1. Allein die Be-
htungen STRUVE's in Dorpat, besonders die an den fein-
Doppelsternen, zeigen, daſs er mit seinem Refractor von
UNHOFER fast alles das sehn kann, was HERSCHEL mit
n groſsen Reflectoren gesehn hat. Wenigstens gilt dieses
den doppelten und vielfachen Sternen; ob es auch von
viel lichtschwächeren Sternhaufen und Nebeln gilt, wird
Folge lehren.

T. Prüfung der Teleskope.

Das beste und sicherste Mittel, Instrumente dieser Art
Beziehung auf ihre Leistungen zu prüfen, ist unmittelbare
bachtung desselben Gegenstandes, unter denselben Ver-
tnissen und wo möglich zu gleicher Zeit, mit verschiednen
trumenten. Wenn ein solches Instrument auf den Na-
n eines vorzüglichen gerechten Anspruch machen soll, so
ſs das Bild, welches die Objectivlinse oder der Objectiv-
egel von den durch dasselbe betrachteten Gegenständen im
nnpuncte bildet, so beschaffen seyn, daſs es alle Strahlen,
von einem bestimmten Puncte des Gegenstandes kom-
n, bei diesem Bilde wieder in einen einzigen Punct ver-
igt, und daſs diese einzelnen Puncte, ohne auf einander zu
len, unter sich durchaus dieselben Verhältnisse ihrer Lagen
halten, welche sie in dem beobachteten Gegenstande selbst
ben. Sind diese Lagen im Bilde in einem andern Verhält-
sse, als in dem äuſsern Gegenstande, so wird das Bild ver-
gen oder verzerrt erscheinen, und fallen mehrere Puncte, die
Gegenstande getrennt sind, im Bilde zusammen, oder ent-
hn endlich, wegen der Farbenzerstreuung, von einem
ncte des Gegenstandes mehrere Bilder, so wird dadurch
s ganze Bild undeutlich, schlecht begrenzt und verworren
scheinen, und dieses desto mehr, je stärker das Ocular jenes
ild vergröſsert, so daſs man mit einem solchen Fernrohre bei
inem schwach vergröſsernden Oculare wohl noch erträglich,
ei einer starken Vergröſserung aber nur sehr undeutlich sehn
ann. Die Reinheit des Bildes im Brennpuncte des Objectivs

oder die eigentliche Güte des Fernrohrs hängt nämlich g
tentheils nur eben von diesem *Objective* ab, daher auch
ses allein den Werth und die oft so bedeutenden Kosten
Fernrohrs bestimmt. Das Ocular aber soll blofs das vo
Objectiv erzeugte Bild vergröfsern, und dieses kann ohne
Kunst, Mühe und Kosten selbst durch eine einfache L
geschehn, obschon hiermit nicht gesagt werden soll, das
Oculare als ein unwesentlicher Theil dieser optischen In
mente zu betrachten seyen, da sie, wenn sie fehlerhaft
struirt sind, dem Bilde, also auch dem Eindrucke desselben
Auge des Beobachters schaden, und da sie, die blofs zur
gröfserung dieses Bildes bestimmt sind, auch alle die F
vergröfsern, die durch eine unrichtige Construction des
jectivs in dieses Bild gekommen sind. Welches bessere
tel könnte man aber wohl wünschen, um zu entscheide
das Objectiv eines Fernrohrs auch in der That alle vo
verschiednen Puncten eines Gegenstandes kommenden St
wieder genau in ebenso viele scharf begrenzte Puncte ve
nige, als eben die Doppelsterne, von welchen am Sch
des letzten Absatzes (S) die Rede war. Es ist bekannt,
alle Fixsterne in unsern Fernröhren nur als ebenso viele
theilbare Puncte, ohne alle scheinbare Durchmesser, ge
werden. Zwar sieht man sie nur zu oft auch noch als
merkbare Scheibchen von nicht immer kreisförmiger, son
meistens unregelmäfsiger Gestalt, mit mehr oder weniger St
len umgeben, etwa so, wie man selbst mit freien Augen
gröfsern Sterne oder auch die Flamme eines entfernten L
oder eine Strafsenlaterne zu sehn pflegt. Aber diese Stra
sind eben nichts, als eigentliche Fehler, die ihren Grund
züglich in der unrichtigen Construction der gewöhnlichen Fe
röhre, zum Theil aber auch in einer Aberration unseres e
nen Auges haben. Ein richtig construirtes Fernrohr soll
allen diesen parasitischen Strahlen vollkommen frei seyn
jeden, auch den hellsten Fixstern nur als einen Punct o
merkbaren Durchmesser zeigen. Ob diefs geschieht, wird
aber am besten durch Betrachtung der Doppelsterne, beson
der sehr nahe bei einander stehenden, bei diesen hellglän
den, auf dem dunklen Hintergrunde des Himmels leuchten
Puncten zeigen. Wenn nämlich das Fernrohr das oben e
wähnte parasitische Licht nicht gänzlich aufzuheben im Stan

werden besonders diejenigen Doppelsterne, von welchen
ine oder auch beide von bedeutender Gröſse und Hellig-
sind, nicht mehr als zwei rein getrennte, sondern sie
en vielmehr als ein einziger, etwas in die Länge gezo-
r Stern erscheinen und ihre Duplicität wird nicht mehr
hervortreten. Aber auch diejenigen Doppelsterne, die
e aus sehr feinen, aber sehr nahe bei einander stehenden,
ıen bestehn, werden in einem minder vollkommnen Rohre
eder nicht mehr als doppelt, oder auch wohl gar nicht
einen, so daſs man also auf diese Weise nicht nur von
richtigen Gestalt seiner Objectivlinse sich überzeugen,
ern auch von der *Sehkraft* oder, wie sie Her-
el zu nennen pflegt, von der *raumdurchdringenden Kraft*
es Fernrohrs ein bestimmtes Maſs erhalten kann, nach wel-
n man mehrere dieser Instrumente schicklich unter ein-
er zu vergleichen vermag. Wenn ich sage, daſs ich mit
nem Fernrohre bei einer bestimmten Vergröſserung, wäh-
d einer sternhellen Nacht, ohne Mond und unter günstigen
hältnissen diese oder jene feinen Doppelsterne deutlich und
timmt gesehn habe, so gebe ich dadurch jedem Andern ein
eres Mittel, zu entscheiden, ob sein Fernrohr wenigstens
nso gut ist, als jenes. Zu diesem Zwecke folgen hier
rere dieser Doppelsterne, die sowohl für schwächere als
h für stärkere Fernröhre als Prüfungsmittel vortheilhaft
raucht werden können.

Sehr leicht und schon durch gewöhnliche achromatische
rnröhre von etwa 2 Fuſs Brennweite und 2 Zoll Oeffnung
kennbare Doppelsterne sind:

	AR	P	Δ	Gröſse
Ursae majoris.	AR = 13h 17′,	P = 34° 9′,	Δ = 14″,	Gröſse III und IV
Andromedae	1 53	. . 48 30	. . . 11	. . . . III und V
Serpentis	18 48	. . 86 2	. . . 22	. . . . IV und IV
Herculis	16 0	. . 72 29	. . . 31	. . . . V und VI
Lyrae	18 39	. . 52 36	. . . 44	. . . . III und IV

AR die Rectascension, P die Poldistanz, Δ die Entfer-
ng der beiden Sterne und die römischen Zahlen ihre schein-
re Gröſse bezeichnen. Stärkere Fernröhre, etwa von 4 Fuſs
ennweite und $3\frac{1}{2}$ Zoll Oeffnung, fordern folgende Stern-
are:

	AR	P	Δ	Gröfse
Castor	$7^h23'$	$57°45'$	$5''$	III
π Bootis	14 32	72 49	7	V
ε Trianguli	2 2	60 31	4	V
ζ Cancri	8 2	71 50	6	V
γ Virginis	12 33	90 29	3	III
α Ursae minoris	1 0	1 37	19	II

Der letzte dieser Sterne ist der *Polarstern*, und sein Beg
ist nur deshalb schwerer zu sehn, weil er so klein
Virginis aber fordert ein besseres Rohr, weil die zwei S
zwar beide grofs, aber auch einander sehr nahe sind,
sie in mittelmäfsigen Fernröhren beide nur als ein einziger
licher Stern erscheinen. Fernröhre der besten Art endlich
den für die folgenden Doppelsterne erfordert:

	AR	P	Δ	Gröfse
η Herculis	$16^h37'$	$50°45'$	$2''$	IV
δ Geminorum	7 9	67 43	7	III
ε Bootis	14 37	62 11	4	III
ζ Bootis	14 33	75 31	2	VI
ω Leonis	9 19	80 18	2	VI
β Orionis	5 6	98 25	9	I
η Pleiadum	3 39	66 30	2	V
η Coronae	15 16	59 4	1	V
γ Coronae	15 35	63 8	2	IV
σ Coronae	16 8	55 40	1	V

Als besonders feine endlich und nur durch die vorzügl
Fernröhre sichtbare Doppelsterne können die zwei folg
gelten:

	AR	P	Δ	Gröfse
bei β Capricorni	$20^h11'$	$105°19'$	$3''$	XVII
β Equulei	21 14	83 54	2	XIV

Bei dem letzten, β Equulei, ist der Begleiter des grö
Sterns selbst wieder doppelt. Ein Fernrohr oder Spieg
leskop, welches die beiden letzten Doppelsterne noch de
zeigt, ist nach HERSCHEL's d. J. Urtheile schon zu den sc
rigsten Untersuchungen geeignet und kein Fernrohr soll
die Satelliten des Uranus zeigen, welches diese Prüfung
besteht.

U. Preise dieser Instrumente.

Dafs die Kosten solcher Spiegelteleskope von 20
Fufs Brennweite sehr bedeutend sind, darf hier nicht er
wähnt werden[1]. Aus Mangel aber eines umständliche

1 In der folgenden Abtheilung (V) wird man die vorzügli
Gregor. Teleskope sammt ihren Preisen finden.

ɔisses solcher Instrumente sammt den Preisen, für welche tzt von den englischen Künstlern verfertigt werden, gebe ier die Preise der bei uns gewöhnlicheren dioptrischen öhre verschiedner Art. Das bereits oben erwähnte ahofer'sche Fernrohr in Dorpat (ein ihm an Gröfse ganz hes ist nun auch in der k. Sternwarte zu Berlin aufge-:) kostete nahe an 10500 Gulden Augsb. Cour. Von dem-en Künstler kostet ein montirtes Fernrohr mit Horizontal-Verticalbewegung

72 Zoll Brennweite	und $4\frac{1}{3}$ Par. Zoll Oeffnung	1060 fl.
69 — — —	4 — — — —	870
48 — — —	3 — — — —	350

s die Doppellinse des Objectivs, in einen einfachen me-en Ring gefafst, ohne Röhre, Oculare und Piedestal, ko-bei demselben Künstler

Oeffnung im Durchmesser	Gulden
1 Zoll — — —	10
2 — — — —	36
3 — — — —	125
4 — — — —	300
5 — — — —	580
$5\frac{1}{2}$ — — — —	770
6 — — — —	1000

t sieht daraus, dafs bei den stärkern Fernröhren blofs diese ppellinse des Objectivs es ist, welche die hohen Preise er Instrumente erzeugt. Die Wirkung eines solchen Fern-rs wächst im Allgemeinen, wie der Durchmesser dieses Ob-ivs, die Lichtstärke oder die Helligkeit aber, unter welcher Gegenstand durch dasselbe gesehn wird, wie das Quadrat es Durchmessers, so dafs also von den beiden äufsersten rumenten der letzten Tabelle, deren erstes eine Oeffnung 1 und deren letztes eine Oeffnung von 6 Zoll hat, die Wir-g des zweiten, in Beziehung auf die Helligkeit, 36mal fser ist, als die des ersten. Wir lassen hier noch die vor-lichsten Fernröhre mit ihren Preisen folgen, wie sie jetzt dem Atelier des berühmten Optikers Plössl in Wien ver-igt werden.

Theaterperspective.

Oeffnung 15 Wien. Lin., Vergröſserung 3, Preis 7
18 — — 2 Oculare, — 3 und 6 — 18

Feldstecher.

Oeffnung 12 Lin., Ocul. 3, Vergröſs. 4, 8 und 12, Preis 1[illegible]
19 — — 4 — 4, 8, 13 und 20 — 3[illegible]

Zugfernröhre.

Oeffnung 12 Lin., Brennweite 9, Länge 14 Zoll, Preis [illegible]
16 — — — 16 — 24 — — [illegible]
19 — — — 20 — 30 — — [illegible]
24 — — — 25 — 36 — — 6[illegible]

Achromatische, astronomische Fernröhre.

Länge 34 Zoll, Oeffnung 25 Lin., Brennweite 25 Zoll,
Oculare: ein irdisches mit Vergröſs. 34,
2 astron. mit Vergröſserung 45 und 75,
sammt Dreifuſs und Kasten . . . . 10[illegible]

Länge 45 Zoll, Oeffnung 32 Lin., Brennweite 36 Zoll,
Oculare: ein irdisches mit Vergröſs. 48,
3 astron. mit Vergröſs. 55, 85 und 127,
sammt Dreifuſs und Kasten . . . . 20[illegible]

Länge 52 Zoll, Oeffnung 36 Lin., Brennweite 42 Zoll,
Oculare: 2 irdische mit Vergröſs. 48 und 70,
4 astronomische — — 50, 80, 110 und 1[illegible]
sammt Pyramidalstativ . . . . 3[illegible]

Oeffnung 40 Linien, Brennweite 46 Zoll,
Oculare: 2 irdische mit Vergröſserung 50 und 80,
4 astronomische — — 56, 85, 125 und 160,
sammt Pyramidalstativ 450

Oeffnung 44 Linien, Brennweite 54 Zoll,
Oculare: 2 irdische mit Vergröſserung 55 und 90,
5 astronomische — — 50, 80, 110, 180 und 240
sammt Pyramidalstativ 600

Oeffnung 48 Linien, Brennweite 60 Zoll,
Oculare: 2 irdische mit Vergröſserung 60 und 100,
5 astronomische — — 60, 90, 130, 180 und 270
mit Pyramidalstativ 800

Dialytische Standfernröhre.

28 Zoll, Oeffnung 26 Lin., Brennweite 22 Zoll,
Oculare: 2 irdische mit Vergröfs. 40 und 60,
2 astronomische — — — 45 und 70,
sammt Dreifufs und Kasten . . . . . . 140 fl.

35 Zoll, Oeffnung 33 Lin., Brennweite 29 Zoll,
Oculare: 2 irdische mit Vergröfserung 53 und 70,
3 astronomische — — 45, 72 und 105,
sammt Dreifufs und Kasten . . . . 230 fl.

40 Zoll, Oeffnung 37 Lin., Brennweite 34 Zoll,
Oculare: 2 irdische mit Vergröfserung 56 und 80,
4 astronomische — — 50, 80, 110 und 135,
sammt Dreifufs und Kasten . . . . 310 fl.

44 Zoll, Oeffnung 41 Lin., Brennweite 38 Zoll,
Oculare: 2 irdische mit Vergröfserung 60 und 90,
4 astronomische — — 55, 80, 120 und 160,
mit Pyramidalstativ . . . . 430 fl.

48 Zoll, Oeffnung 45 Lin., Brennweite 42 Zoll,
Oculare: 2 irdische mit Vergröfserung 65 und 100,
5 astronomische — 55, 80, 120, 160 und 230,
mit Pyramidalstativ . . . . 570 fl.

51 Zoll, Oeffnung 48 Lin., Brennweite 45 Zoll,
Oculare: 2 irdische mit Vergröfserung 65 und 110,
5 astronomische — 60, 90, 130, 180 und 270,
mit Pyramidalstativ . . . . 760 fl.

st die einfachen, blofs roh gegossenen und weder ge-
ffenen noch polirten Glasplatten bieten immer gröfsere
wierigkeiten dar und fordern daher auch immer höhere
se, je gröfser sie selbst sind, da es ungemein schwer hält,
eutende Glastafeln dieser Art von ganz homogener Masse,
e Wolken und Streifen, zu erhalten; besonders beim Flint-
e, wo die starke Beimischung von Blei jene Gleichförmig-
der Masse, die zu einem guten Fernrohre unentbehrlich
so leicht stört. Die folgende kleine Tafel giebt von
schnell steigenden Preisen dieser noch ganz rohen Flint-
Kronglasstücke eine Uebersicht:

urchmesser der Scheibe	Kronglas	Flintglas	Zusammen
4 Zoll	30 fl.	56 fl.	86 fl.
6 —	117 -	232 -	349 -
8 —	274 -	980 -	1254 -

Durchmesser der Scheibe	Kronglas	Flintglas	Zusam
10 Zoll	544 fl.	1690 fl.	2234
12 —	1000 -	2880 -	3880

Wegen der Schwierigkeit, gröſsere, vollkommen hom Scheiben von Flintglas zu erhalten, muſsten sich- selb Engländer bisher mit kleinern Objectiven begnügen. Ihre ten Objectivlinsen haben nicht über 4½ bis 5 engl. Z Durchmesser. Sie sind in dieser Beziehung vom Au bedeutend übertroffen worden. Guinand, ein Landsmann Schweiz, und Fraunhofer in München haben bereits me viel gröſsere Glasstücke von vollkommner Gleichheit der geliefert. Fraunhofer vollendete kurz vor seinem zu Tode zwei Fernröhre, deren Objective eine Oeffnung vo Zoll (engl.) im Durchmesser haben. Sein Nachfolger hat eins von 12 Zoll Oeffnung angefertigt, dessen G noch von Fraunhofer seyn soll, und derselbe hat jetzt, Sternwarte unweit Petersburg, noch gröſsere zugesagt. Fr hofer versicherte in den letzten Jahren seines Lebens er nicht anstehe, Objective von 18 Zoll Durchmesser führen. Das eine jener zwei Fernröhre von 9,9 Zoll nung ist an die Sternwarte zu Dorpat und das zweite in Berlin gekommen. Die Brennweite des Objectivs ist Fuſs und die dabei angebrachten astronomischen Ocular ben eine Vergröſserung bis 600 mit einem Durchmesser Gesichtsfeldes von 2,3 Minuten. Lerebours, ein Optiker ris, hat in den letzten Jahren zwei von Guinand er Glasscheiben zu Objectivlinsen bearbeitet, die eine zu 1 andere zu 13 Zoll im Durchmesser. Das aus der erste machte Fernrohr sollte auf der Sternwarte in Paris auf werden, aber James South aus London kaufte beide Fe röhre für die Sternwarte in Kensington.

Von den vorzüglichsten der bisher erhaltenen Spiege leskope werden wir in der folgenden Abtheilung reden.

V. Geschichte der Spiegelteleskope.

Nach Klügel's Angabe[1] findet sich die erste Idee einem Spiegelteleskope in einem Buche des Pater Zucchi, es

---

1 Priestley's Geschichte der Optik. S. 566. Anm.

ischen Jesuiten[1]. Dieser erzählt, dafs er schon im Jahre
beim Nachdenken über das damals neu erfundene Fern-
uf den Gedanken gekommen sey, metallne Hohlspiegel
ler gläsernen Objective zu nehmen, dafs er auch den
ch ausgeführt und einen solchen Hohlspiegel mit einer
ven Ocularlinse verbunden habe, wodurch er die Gegen-
e auf der Erde und am Himmel beobachten konnte. Um
ahr 1616 aber war blofs das holländische Fernrohr mit
concaven Oculare bekannt, GALILEI's zweite Entdek-
dieses holländischen Fernrohrs fällt in das Jahr 1610
rst zehn oder mehrere Jahre später kam KEPLER auf
lee des sogenannten astronomischen Fernrohrs mit einer
xen Ocularlinse. ZUCCHI's Erfindung scheint nicht au-
talien bekannt geworden zu seyn und blieb selbst da
unbenutzt. In Frankreich verfiel erst im Jahre 1644
'ater MERSENNE auf dieselbe Idee[2]. Er wollte zwei pa-
sche Spiegel mit einem ebenen Spiegel so verbinden, dafs
arch dieses Spiegelsystem entlegene Gegenstände gut sehn
te. Aus dem Briefe des DESCARTES an MERSENNE er-
man, dafs der Letztere schon fünf Jahre früher, im Jahre
, sich mit diesem Spiegelsysteme beschäftigt habe, ohne dafs
zu einer Ausführung gebracht hätte, vielleicht weil ihm
ARTES abrieth, der die Fernröhre mit Glaslinsen vor-
zu müssen glaubte. Um die Mitte des 17. Jahrhun-
erwachte unter den Optikern ein neuer Eifer, das seit fast
ihren erfundene Fernrohr einer gröfsern Vollkommenheit
genzuführen. Ihre Bemühungen vereinigten sich be-
ers dahin, die bisher gebräuchlichen sphärischen Linsen
a hyperbolische zu ersetzen. Allein die grofsen Schwie-
iten, welche sich diesem Unternehmen entgegensetzten,
iten endlich JAMES GREGORY in London auf die Idee,
el statt der Linsen vorzuschlagen. Er machte seine An-
en über diesen Gegenstand im Jahre 1663 bekannt und
lamals schon diejenige Verbindung von zwei Hohlspiegeln
einer Ocularlinse an, die wir oben unter der Aufschrift
GREGORY's Teleskop kennen gelernt haben. So oft aber

NIC. ZUCCHII Parmensis Opera Philosophica. Lugd. 1652. 4.
cap. 14. p. 126.

2 Universae Geometriae Synopsis. Par. 1644. 4.

auch später diese Idee, besonders in England, ausgeführt w
so scheint doch Gregory selbst bei der Idee stehn geb
zu seyn, ohne weder durch eigene, noch durch fremde H
ein solches Teleskop darstellen zu lassen. Dafs er diesen
danken nicht von Mersenne oder aus seinen Schriften ent
ist sehr wahrscheinlich, da diese Schriften in England
nicht bekannt waren und da auch die Briefe des Desca
erst im J. 1666 in Holland gedruckt worden sind. Gre
ging ebenfalls von dem damals herrschenden Gedanken
dafs hyperbolische oder parabolische Flächen den sphä
vorzuziehn seyen, nur glaubte er, und wohl nicht mit U
dafs solche Spiegel leichter als solche Linsen verfertig
den könnten. Nach seinem Tode wurden solche Teleskop
grofser Menge in England verfertigt. Ja selbst die von
ton vorgeschlagene Einrichtung konnte sie nicht verd
und auch lange nach Newton waren die meisten in E
verfertigten Teleskope nach Gregory's Vorschlage geb
sie endlich, wenigstens für gröfsere Instrumente diese
von derjenigen Einrichtung, die Herschel ihnen g
hat, in Schatten gestellt wurden. Am meisten wurden
jenigen Gregorianischen Teleskope geschätzt, die der ge
Optiker Short in grofser Anzahl verfertigte. Das fol
Verzeichnifs giebt die Einrichtung und den Preis der vo
lichsten dieser von Short verfertigten Gregorianischen
leskope.

Brennweite des grofsen Spiegels.	Oeffnung des grofsen Spiegels.	Vergröfserung.	Pr
1 engl. Fufs;	3 Zoll;	35 bis 100mal;	14
2 - -	4,5 -	90 — 300 -	35
3 - -	6,3 -	100 — 400 -	75
4 - -	7,6 -	120 — 500 -	100
7 - -	12,2 -	200 — 800 -	300
12 - -	18 -	300 — 1200 -	800

Nur drei Jahre später als Gregory, im Jahre 166
Newton mit seinen Ideen über diesen Gegenstand her
diesem seinem 23sten Lebensjahre hatte der grofse Mann
die Zusammensetzung des weifsen Sonnenlichts aus
verschieden gefärbten Strahlen und die verschiedene

it dieser farbigen Strahlen entdeckt und auch schon den
d zu seinen zwei anderen unsterblichen Erfindungen, der
itesimalrechnung und der allgemeinen Gravitation, gelegt.
ber das Licht durch Glaslinsen ganz ebenso, wie durch
prismen, an welchen letzten er jene Entdeckung gemacht
, gebrochen wird, nur mit dem Unterschiede, dafs die
einem äufsern Puncte auf eine Linse auffallenden Strah-
sich auf der andern Seite derselben wieder in einen Punct
nigen, während sie bei den Prismen ihre frühere Lage
n einander beibehalten, so zog er daraus den Schlufs, dafs
solcher äufsere Punct die von ihm auf die Linse fallen-
rothen, gelben, blauen u. s. w. Strahlen wieder in eben-
iele einzelne Puncte oder Bilder vereinigen werde, so dafs
den beiden äufsersten Farben des Spectrums die rothen,
ie am wenigsten brechbaren Strahlen, ihren Vereinigungspunct
entferntesten, die blauen aber, als die brechbarsten, am
isten bei der Linse haben werden. Wenn daher alle diese
cte oder diese Bilder des äufsern Punctes, wie sie neben
inder von der Objectivlinse entworfen werden, durch die
ilarlinse eines dioptrischen Fernrohrs betrachtet werden, so
t das Auge nicht ein einziges, deutliches und rein begrenz-
Bild, sondern es sieht viele derselben von verschiedenen
sen auf und neben einander liegend, d. h. es sieht keines
elben gut. Seine Beobachtung, wie sein auf diese gebau-
Schlufs war vollkommen richtig, und die gefärbten, undeut-
en Ränder, unter welchen alle Gegenstände durch diese
nröhre, wenn ihre Vergröfserung nur etwas stark war, er-
ienen, waren bekannt und schon lange die Plage der Op-
er gewesen, und es handelte sich blofs darum, ein Mittel
egen zu finden. Allein Newton ging noch um einen Schritt
ter. Aus einem unvollkommenen Versuche, den er in sei-
Optik[1] erzählt, schlofs er, dafs bei jedem Paare von bre-
nden Mitteln die Farbenzerstreuungen sich wie die um die
heit verminderten Brechungen verhalten. Wollte man die-
Behauptung als richtig annehmen, so müfsten alle Fern-
re, wenn sie keine Farben zeigen sollten, von unendlich
fser Länge seyn oder, mit andern Worten, so müfsten gute
nröhre mit Glaslinsen unmöglich seyn. Newton gerieth

1 Liber I. Pars II.

auf dieses Resultat, indem er den Irrthum nicht bemerkte,
welchem ihn jener Versuch verleitet hatte. Er hielt es
unmöglich, dioptrische Fernröhre mit farbenlosen Bildern
verfertigen, und rieth daher, um diesen unvermeidlichen F
ler derselben wenigstens so klein als möglich zu machen
den sehr langen Fernröhren von 100 und 150 Fuſs stehn
bleiben, die vor ihm schon Compani in Rom und Huyg
in Holland verfertigt hatten. Er selbst aber wendete sich
ihm eitel scheinenden Bemühungen aufgebend, ganz von
sen Fernröhren ab, um dafür dem Spiegelteleskope seine
merksamkeit zu widmen, von welchem er dieses Hinder
nicht zu befürchten hatte, da von den Spiegeln die Str
aller Farben regelmäſsig zurückgeworfen werden, so daſs
jedem derselben der Reflexionswinkel dem Einfallsw
gleich ist.

Da er seine Ideen selbst ausführen wollte und vie
auch muſste, indem bis zu jener Zeit noch kein Künstle
che Spiegel von Bedeutung verfertigt hatte, so fand er
groſse Hindernisse in der Politur dieser Metallmassen. Er
daſs sein Spiegel das Licht lange nicht so regelmäſsig
flectirte, als dasselbe durch die bisherigen Glaslinsen ge
chen wurde, und er war nach mehreren vergeblichen Ve
chen nahe daran, die praktische Ausführung so vollkom
Spiegel für ganz unmöglich zu erklären. Endlich fand e
J. 1668 ein Mittel, diese gewünschte höhere Politur und
gleich die gehörige Gestalt der Spiegel mit der hier erfo
lichen Genauigkeit zu erzeugen, und es war im Februar
ses Jahrs, als er einem seiner wissenschaftlichen Freunde
nem Briefe die Nachricht von der Vollendung seines
Spiegelteleskops, das er mit eigner Hand ausgeführt
mittheilte. Dasselbe war bereits so eingerichtet, wie wir
das Newtonianische Teleskop beschrieben haben. Der
sphärische concave Spiegel hatte eine nur etwas über
Zoll groſse Oeffnung mit einer Brennweite von 6 Zoll
einer planconvexen Augenlinse von $\frac{1}{6}$ Zoll Brennweite.
Vergröſserung desselben betrug also ungefähr 40, was,
Newton bemerkte, immer mehr ist, als die besten dioptris
Fernröhre von 6 Fuſs Länge leisteten, die zu seiner Zeit verfe
wurden.

So zufrieden er auch mit diesem Resultate seiner ers

iche seyn konnte, so schien ihm doch die Unvollkom-
ieit des zu diesem Instrumente gebrauchten Materials und
nders die noch nicht weit genug getriebene Politur des
gels noch gar Manches zu wünschen übrig zu lassen. Im-
aber sprach er die Ueberzeugung aus, daſs ein 6füſsiges
skop dieser Art einem 60- oder selbst 100füſsigen Fern-
e, wie er diese letzten kannte, vorzuziehen seyn müſste.
es war demnach das erste eigentliche Spiegelteleskop, das
er That ausgeführt und mit dem auch Beobachtungen am
mel gemacht wurden, wie denn NEWTON z. B. die Jupi-
atelliten damit sehr deutlich gesehn hat. GREGORY, von
wir früher gesprochen haben, hat zwar schon zwei Jahre
er, im J. 1664, einen Hohlspiegel von 6 Fuſs im Halbmesser
den damals berühmten Glasschleifern COX und RIVES in
don verfertigen lassen, allein sie konnten mit der Politur
selben nicht zu Stande kommen und das mit diesem Spie-
beabsichtigte Fernrohr ist nie ausgeführt worden. Durch
glücklichen Erfolg dieses ersten Experiments aufgemuntert
chte sich NEWTON mit allem Eifer an die Verfertigung ei-
zweiten besseren, von dem er sich mehr versprach. Als
kön. Akademie in London die Nachricht von der Vollen-
ng und von den Leistungen desselben erhielt, lieſs sie
WTON ersuchen, dieses Instrument der Akademie zur Prü-
g einzusenden. Dieser Aufforderung gemäſs schickte er
selbe mit einem Briefe an OLDENBURG, den Secretär der
sellschaft, im December 1671 nach London ab. Die Aka-
mie fand es ihren Wünschen vollkommen entsprechend und
wahrte dasselbe in ihrem Museum auf, wo es auch noch
zt mit der Inschrift aufbewahrt wird: *Invented by Sir
ac Newton and made with his own hands. In the year*
71. Bei diesen zwei Versuchen lieſs der groſse Mann es
wenden, da Untersuchungen anderer Art seine ganze Auf-
rksamkeit in Anspruch nahmen. Aber auch kein Anderer
hm sich dieses wichtigen Gegenstandes weiter an und volle
Jahre vergingen, ohne daſs man an eine Nachahmung und
ch weniger an eine Verbesserung dieses Instruments gedacht
tte. Es schien gänzlich in Vergessenheit gerathen zu seyn
d die Optiker Englands, so wie anderer Länder beschäf-
gten sich diese ganze lange Zeit bloſs mit dioptrischen Fern-
hren. Endlich trat JAMES SHORT im Jahre 1730 zu Edin-

fractionsindex ist bei jedem bestimmten Körper und für jeden bestimmten farbigen Strahl des Lichtes eine für alle Einfallswirkel constante Gröfse. Nennt man nun n den Refractionsindex für die mittleren (oder grüngelben) Strahlen des bekannten prismatischen Spectrums, n′ aber für die untersten (rothen), so wie n″ für die höchsten violetten Strahlen, so wird die Dispersionskraft Δ der Farben eines jeden Körpers durch die Gleichung gegeben

$$\Delta = \frac{n'' - n'}{n - 1}.$$

Weiter ist die absolute Brechungskraft eines Körpers gleich der Gröfse

$$B = n^2 - 1,$$

und endlich ist, wenn d die specifische Dichtigkeit des Körpers ist, die specifische Brechungskraft des Körpers gleich

$$B' = \frac{n^2 - 1}{d}.$$

Für das Flintglas hat man z. B. den Brechungsexponenten der mittleren Strahlen $n = 1{,}639$, für die äufsersten rothen Strahlen aber hat man $n' = 1{,}628$ und für die äufsersten violetten $n'' = 1{,}654$. Endlich ist die Dichte d dieses Glases, die des reinen Wassers als Einheit vorausgesetzt, $d = 3{,}722$. Daraus folgt für diese Glasart

$$\text{Brechungskraft, absolute } B = n^2 - 1 = 1{,}686$$

$$\text{relative } B' = \frac{n^2 - 1}{d} = 0{,}453$$

$$\text{Dispersionskraft der Farben } \Delta = \frac{n'' - n'}{n - 1} = 0{,}041.$$

Für das Kronglas aber hat man $n = 1{,}5330$, $n' = 1{,}5258$, $n'' = 1{,}5466$ und $d = 2{,}520$, woraus folgt

$$B = 1{,}350,$$

$$B' = 0{,}536$$

und

$$\Delta = 0{,}039.$$

Für den Diamant endlich ist $n = 2{,}439$, $n' = 2{,}411$, $n'' = 2{,}467$ und $d = 3{,}521$, also hat man auch für diesen Körper

$$B = 4{,}949,$$

$$B' = 1{,}406$$

und

$\Delta = 0{,}039$.

Beim Diamant ist also der Brechungsindex 1,6, die relative Brechungskraft 2,6 und die absolute Brechungskraft 3,7 mal gröfser als beim Kronglase, aber die Dispersionskraft Δ dieser beiden Körper ist dieselbe. Der Diamant bricht die auf ihn fallenden Lichtstrahlen viel stärker als das Kronglas, aber beide zerstreuen die farbigen Strahlen auf gleiche Weise[1].

Dieser Irrthum Newton's, um wieder zu unserem Gegenstande zurückzukehren, scheint sich ihm und zugleich, durch seine Autorität verleitet, auch den meisten seiner Nachfolger mit der Kraft eines unwidersprechlichen Glaubens eingeprägt zu haben und er ist dadurch in der Geschichte der Wissenschaft als ein lehrreiches und warnendes Beispiel merkwürdig geworden. Einer der ersten und, wie Newton selbst gestand, ein nicht gering zu achtender Gegner seiner neuen Theorie des Lichts war Lucas in Lüttich. Dieser konnte mit allen seinen prismatischen Versuchen nie ein Spectrum erhalten, dessen Länge mehr als das Dreifache der Breite betrug, während Newton aus seinen eignen Experimenten die Länge des Spectrums nahe fünfmal gröfser als die Breite gefunden hatte. Newton suchte diese Verkürzung des Spectrums von Lucas in einer gröfseren Refractionskraft des von Lucas angewendeten Glases, in der bei dessen Versuchen geringeren Heiterkeit des Himmels, in der unvollkommenen Politur seines Prisma's, in der unvollständigen Messung der ganzen Länge des Spectrums, dessen eines Ende, wegen der dort schwächeren Farben, nicht mehr scharf aufgefafst werden kann, u. s. f., aber es fiel ihm nicht ein, die Abweichung von seinen und Lucas Experimenten in einer verschiedenen Farbenzerstreuung der von ihnen gebrauchten Glasarten zu suchen, weil er nun einmal an die

1 Ein kleines Verzeichnifs der Werthe von n, d, B, B' und Δ ist bereits oben Art. *Brechung* Bd. I. S. 1161 gegeben worden. Umständlichere Verzeichnisse für die vorzüglichsten der bisher untersuchten festen, tropfbaren und gasförmigen Körper findet man in Baumgartner's Naturlehre, Wien 1832, S. 319 und in dessen Supplementband, Wien 1831, S. 879 bis 917 für d und S. 1013 bis 1019 für n, B und B', so wie S. 1020 bis 1023 für $n'' - n'$ und Δ. Man sehe auch Brewster's Tafeln in dessen Treatise on new philosophical Instruments, p. 315, und desselben Treatise on optics, London 1831, p. 372. u. s. w.

$$\frac{\partial n}{\partial n_1} = \frac{n \,\mathrm{Log.}\, n}{n_1 \,\mathrm{Log.}\, n_1}.$$

Nach diesem Gesetze berechnete EULER[1] die Einrichtu[ng ei]nes farbenlosen oder achromatischen Fernrohrs, dessen [Ob]pelobjectiv aus Linsen von Glas und Wasser bestand, un[d der] erste Künstler seiner Zeit, JOHN DOLLOND in England, s[uchte] diese Theorie auszuführen. Seine ersten Versuche mifsl[angen]. Auch konnte die von EULER aufgestellte Theorie zu k[einen] erfreulichen Resultate führen. DOLLOND gab bald alle [wei]tere Bemühungen auf und stellte sich wieder auf NEW[TON's] Seite, welcher alle Unternehmungen dieser Art schon vor[aus] hinein für unmöglich erklärt hatte. EULER im Gegen[theil], der bei dieser Gelegenheit von NEWTON's Ansichten g[ewichen] hatte, blieb bei der seinigen stehn und suchte den Gru[nd des] Mifslingens blofs in den grofsen praktischen Schwierigk[eiten], die sich der genauen Ausführung seiner Theorie entg[egen] stellten[2].

Von diesen Verschiedenheiten der Ansichten so a[us]zeichneter Männer aufgefordert ging KLINGENSTIERNA, [ein] schwedischer Geometer, noch einmal auf den Gegenstan[d zu]rück, um ihn von Anfang aus einer neuen Untersuchu[ng zu] unterwerfen. Er fand[3], dafs NEWTON's prismatischer Ve[rsuch] unvollständig und dafs der von ihm auf diesen Versuc[h ge]gründete Schlufs unrichtig sey. KLINGENSTIERNA zeigte, [dafs] man allerdings dem von NEWTON gefundenen Resultate i[mmer] näher komme, je kleiner der brechende Winkel des Pr[ismas] ist, welches man dabei anwendet. Da aber NEWTON [seine] Experimente nur mit sehr dünnen Prismen angestellt hat, hatte er sich dadurch verleiten lassen, seinem Satze eine [All]gemeinheit zu geben, die er nicht besafs, und es zeigte [sich] nun, dafs jeder Körper einen ihm eigenen Brechungsin[dex] und eine ihm ebenfalls eigene Dispersionskraft Δ der I[...] habe, dafs diese beiden Gröfsen, so viel uns alle bis[her] Versuche zeigen, von einander unabhängig sind und d[afs] jede für sich, durch Experimente besonders bestimmt w[erden] müssen. Dadurch wurde der früher unbesiegbare Glau[be]

1 Histoire de l'Acad. de Berlin. 1747.
2 Histoire de l'Acad. de Berlin. 1753.
3 Abhandlungen der Schwed. Akademie v. J. 1754.

as von NEWTON aufgestellte Theorem erschüttert. Die Möglichkeit eines farbenlosen Fernrohrs wurde nun nicht mehr bestritten und DOLLOND machte sich zum zweiten Male an seine seit sechs Jahren verlassenen Versuche. Er hatte die Freude, seine Wünsche erfüllt zu sehn, und schon im J. 1758 vollendete er sein erstes achromatisches Fernrohr mit einem Doppelobjective von Flint- und Kronglas, dessen Brennweite fünf Fuſs betrug und das in seinen Wirkungen die besten bis dahin bekannten chromatischen Fernröhre von 15 und 20 Fuſs weit hinter sich zurücklieſs. Er verwendete die letzten drei Jahre seines Lebens (er starb 1761) auf die Vervollkommnung dieser seiner glänzenden Leistung, die er noch viel weiter zu führen die feste Hoffnung hegte. Besonders hoffte er, und wohl mit Recht, von den gröſsern Oeffnungen, die er seinen Objectiven geben wollte, den schönsten Erfolg, und die Stelle[1] seiner letzten Schrift über diesen Gegenstand kann immer als sehr merkwürdig betrachtet werden, da DOLLOND ein Ziel als von ihm schon erreicht angiebt, von dem die Künstler unserer Tage noch weit entfernt zu seyn sich nicht verhehlen dürfen.

Ohne die Geschichte des achromatischen Fernrohrs hier weiter zu verfolgen, muſs nur noch bemerkt werden, daſs sich der Bekanntwerdung dieses wichtigen Instruments nicht nur die Irrthümer entgegensetzten, in welche zwei der ersten Mathematiker ihrer Zeit, NEWTON und EULER, verfallen waren, sondern daſs dasselbe schon volle 30 Jahre vor DOLLOND in der That erfunden und ausgeführt, aber durch eine unbegreifliche miſsgünstige Schickung wieder in Vergessenheit gebracht worden zu seyn scheint. Nämlich im J. 1729, nur 2 Jahre nach NEWTON's Tode, brach ein bisher im Felde der Wissenschaften ganz unbekannter Mann, CHESTER MORE HALL aus Essex, den Zauber, der diesem wichtigen Gegenstande so seltsamer Weise Fesseln angelegt hatte. Er lieſs durch praktische Optiker Linsen zu Doppelobjectiven schleifen, zu denen er die Halbmesser der Oberflächen angab, um dadurch die Abweichung wegen der sphärischen Gestalt sowohl, als auch die

[1] And thus I obtained at last a perfect theory for making objectglasses to the aperture, of which I could scarce conceive any limits.

Farbenzerstreuung aufzuheben. Man kann daher nicht zweifeln, dafs seine Unternehmung nicht etwa blofs zufällig, sondern auf Ueberlegung und Rechnung gegründet war. Hall selbst hat nichts Schriftliches über dieselbe bekannt gemacht, aber die nach seinem Vorschlage construirten achromatischen Fernröhre sollen wirklich ausgeführt und bekannt geworden seyn. Es scheint, dafs er seine Erfindung einstweilen geheim halten und erst dann veröffentlichen wollte, wenn er sie ganz nach seinem Wunsche verbessert haben würde. Seine Arbeiten und seine Ansprüche auf die Priorität wurden erst dann zur öffentlichen Kenntnifs des Publicums gebracht, als Dollond ein Patent für seine Fernröhre verlangte[1].

Wir müssen zuletzt noch einiger Zusätze und Verbesserungen gedenken, die Newton selbst an dem von ihm erfundenen Spiegelteleskope angebracht hat[2]. Da er seine Politur der Metallspiegel selbst für unvollkommen erkannte und sie nicht weiter zu verbessern wufste, so rieth er, statt des grofsen Metallspiegels einen von Glas zu nehmen, eine gläserne, sphärische Scheibe, die an der Vorderseite hohl und an der Rückseite erhaben, an allen Stellen gleich dick und auf der Hinterseite mit Quecksilber belegt ist. Ebenso zog er statt des kleinen ebenen Spiegels ein dreiseitiges Glasprisma vor. Endlich liefs er die Strahlen, kurz ehe sie das Ocular erreichten, durch eine kleine kreisförmige Oeffnung gehn, die er in einer Metallplatte angebracht hatte, wodurch er die vom Rande des grofsen Spiegels kommenden Seitenstrahlen wie durch ein Diaphragma abgehalten wissen wollte, um das Bild reiner zu machen. Das dreiseitige rechtwinklige Prisma, welches Newton seinem kleinen Planspiegel substituirte, wird durch die Zeichnung deutlich. Die Winkel A und C betrugen einen halben und B einen ganzen rechten Winkel. Die auf die Seite AB fallenden Lichtstrahlen werden von der Seite AC, wie von einem Planspiegel, reflectirt

Fig. 29.

1 Edinburgh Encyclopaedia. T. XX. p. 479. Art. Optics. 6. XXXIV. 243.

2 Die von ihm selbst verfafste Beschreibung des ersten von ihm verfertigten Teleskops findet sich in den Phil. Transact. No. 81. Mart. 1672 und später etwas abgeändert in seiner Optica. Lib. I. Pars I.

der große Vortheil eines solchen Prisma's in Vergleichung mit dem Planspiegel besteht darin, dafs die einfallenden Strahlen die Seite AC unter einem gröfsern Winkel treffen, als der, unter welchem die totale Reflexion anfängt, und dafs diese Strahlen daher von der Seite AC sehr nahe vollständig reflectirt werden, während auch bei den besten Metallspiegeln, nach dem oben Gesagten, beinahe die Hälfte der auf sie fallenden Strahlen nicht reflectirt, sondern absorbirt wird. Jedoch geht durch die Reflexion an den beiden Seiten AB und BC ein Theil des Lichts verloren und auch wohl noch einer durch die Absorption des Glases selbst. Allein das Prisma mufs aus einem sehr reinen, farben- und streifenlosen Glase bestehn und solche Glasstücke waren damals, wie auch wohl noch jetzt, nicht leicht zu erhalten. In unsern Tagen hat man daher solche Prismen aus Bergkrystall zu machen vorgezogen. NEWTON veränderte übrigens auch noch dieses Prisma in ein anderes A'B'C', dessen zwei Seiten A'B' und B'C' Kugelflächen vorstellten, während die dritte A'C' eine Ebene bildete. Ein solches Prisma stellte nicht nur das Bild des Gegenstandes in seinem Teleskope aufrecht dar, sondern es konnte selbst so eingerichtet werden, dafs es die Vergröfserung des Teleskops vermehrte. Fig. 30.

Bei dieser Gelegenheit mögen noch zwei andere Prismen erwähnt werden, die man in der Optik vortheilhaft angewendet hat. Das eine A''B''C'' hat eine convexe Seite A''B'', eine concave B''C'' und eine ebene A''C''. Es wurde von CHEVALIER in Paris für die *Camera obscura* vorgeschlagen, so wie das unmittelbar vorhergehende mit zwei convexen Seiten noch heute bei den Mikroskopen zur Verstärkung des Lichts vortheilhaft gebraucht wird. Da diese Prismen, wenn sie genau seyn sollen, nicht eben leicht auszuführen sind, so schlug BREWSTER statt ihrer hemisphärische Prismen vor. Will man die Brennweite m'n' desselben zu bestimmten Zwecken verlängern, so kann man unter den Theil B'''C''' der Halbkugel eine biconvexe Linse von einer längeren Brennweite legen, und wenn man dabei beide Stücke aus verschiedenen Glasarten verfertigt, selbst die Farbenabweichung derselben aufheben. Fig. 31. Fig. 32.

Endlich läfst sich auch ein einfaches Prisma, das von drei Ebenen begrenzt ist, wie DEF..., zur Umkehrung jedes op- Fig. 33.

tigen Bildes vortheilhaft anwenden, was für teleskopische und mikroskopische Instrumente oft sehr wünschenswerth ist. Das Prisma DEF ist ein dreiseitiges rechtwinkliges, und man sieht, wie der einfallende höchste Strahl A a, nachdem er durch die Puncte a' und a'' gegangen ist, zu dem tiefsten austretenden Strahl a'' A' wird, und so fort für alle übrigen Strahlen.

Zum Beschlusse dieser Bemerkungen über das Newton'sche Spiegelteleskop führen wir noch einige numerische Constructionen desselben an, wie sie von Hawksbee ausgeführt worden sind.

Brennweite des grofsen Spiegels.	Oeffnung des grofsen Spiegels.	Brennweite der Ocularlinse.	Vergröfserung.
1 engl. Fufs	2,2 Zoll	0,13 Zoll	93
2 — —	3,8 —	0,15 —	158
3 — —	5,1 —	0,17 —	214
4 — —	6,4 —	0,18 —	260
6 — —	8,6 —	0,20 —	360
12 — —	14,5 —	0,24 —	600
24 — —	24,4 —	0,28 —	1020

Da das Teleskop Cassegrain's nur durch den kleinen Spiegel vom Gregorianischen verschieden ist, so kann es kaum als eine eigene Gattung dieser Instrumente angesehn werden. Nach dem Journal des Sçavans von 1672 soll sich Cassegrain in Frankreich, als die Erfindung Gregory's in diesem Lande bekannt wurde, dieselbe mit der erwähnten geringfügigen Abänderung haben zueignen wollen. Newton[1] machte mehrere Einwendungen gegen diese Einrichtung eines Teleskops; Montucla dagegen will es im Gegentheile als das beste unter allen dreien in Schutz genommen wissen. Im Jahre 1674 verfertigte Hook das erste bedeutende Spiegelteleskop, das aber nach Gregory's Vorschlag mit dem durchbohrten Spiegel versehn war. Bisher kannte man nur die beiden oben erwähnten, die Newton selbst in den J. 1668 und 1671 verfertigt hatte. Hook, der beinahe alle Entdeckungen Newton's für sich reclamiren wollte, schien es auch hier wieder auf eine Verdunkelung seines Nebenbuhlers abgesehn zu haben.

1 Philos. Trans. 1672. No. 83.

Er liefs sein Teleskop mit grofsem Pompe der kön. Akademie in London vorlegen, von der es auch günstig aufgenommen worden zu seyn scheint. Dessenungeachtet blieb die schöne Erfindung längere Zeit einer Art von Vergessenheit übergeben. Erst ein halbes Jahrhundert später, im Jahre 1720, trat **John Hadley** mit zwei neuen, von ihm verfertigten Spiegelteleskopen auf, die nun erst anfingen, eine allgemeine Aufmerksamkeit zu erregen. Diese Teleskope hatten fast 5 Fufs 3 Zoll Länge und der grofse Spiegel mafs 6 Zoll im Durchmesser. Die kön. Akademie, der diese Instrumente zur Prüfung vorgelegt wurden, ernannte die beiden berühmten Astronomen **Bradley** und **Pound** zu Examinatoren. Diese verglichen die Teleskope mit dem grofsen dioptrischen Fernrohre von **Huyghens**, das 123 Fufs Focallänge hatte. Sie fanden, dafs jene Teleskope gleiche Vergröfserung ertrugen, wie dieses Fernrohr, und dafs sie alle himmlische Gegenstände ebenso deutlich, obgleich nicht ganz so hell, zeigten. Sie sahn damit alle von **Huyghens** entdeckten Gegenstände, die fünf Satelliten Saturns, den Schatten der Jupiterstrabanten auf der Scheibe ihres Hauptplaneten, die dunkeln Streifen in dem Ringe Saturns und den Rand des Saturnusschattens auf der Ringfläche[1]. Das Urtheil der beiden Prüfungscommissäre lautete daher sehr günstig, und sie schlossen ihr Gutachten mit der Aeufserung, dafs die Astronomen die bisherigen zu langen und unbequemen Fernröhre gewifs sehr gern mit diesem Spiegelteleskope vertauschen würden, wenn man nur noch ein Mittel finden könnte, die Metallspiegel vor dem Anlaufen zu sichern oder ebenso gute Spiegel aus Glas zu verfertigen, als die Hadley'schen metallnen Spiegel sind. Dieser **Hadley** ist übrigens derselbe, von dem der *Spiegelsextant* den Namen des Hadley'schen Sextanten erhalten hat, dieses nützlichste oder eigentlich einzige astronomische Instrument, mit dem man auf der See zu Schiffe beobachten kann[2].

Nach **Hadley** trat **James Short** in Edinburg mit seinen Spiegelteleskopen auf. Er begann seine Arbeiten im J. 1732, im zweiundzwanzigsten Jahre seines Alters und schon im J. 1734, noch ehe er nach London zog,

[1] Philos. Trans. No. 376. 378.

[2] S. Art. *Sextant*. Bd. VIII. S. 784.

übertrafen seine Teleskope die aller seiner Vorgänger. Er
fertigte seine Spiegel anfangs von Glas, nach Newton's
fand aber, dafs sie weniger Licht reflectiren, als die m
ren, und dafs sie überdiefs durch ihr grofses Gewicht
leicht ihre Gestalt veränderu. Die metallenen Spiegel,
er anfangs eine parabolische Gestalt gab, verfertigte er
cher Vollkommenheit, dafs er mit einem seiner kleinen
gel dieser Art, dessen Brennweite nur 15 Zoll betrug,
Philos. Transactions auf eine Entfernung von 500 Fufs
sen, dafs er damit sogar die fünf äufsersten Satelliten
turn sehn konnte, eine Kraft, hinter der alle frühern
leskope von jener Gröfse weit zurückblieben. Der b
MACKENZIE, selbst einer der besten Optiker Englands,
glich die Teleskope von SHORT mit denen der besten
Künstler und fand den Vorzug der erstern so grofs,
kleinsten Short'schen Teleskope noch besser gefunden
als die gröfsten der andern Optiker. Nachdem SHORT
London etablirt hatte, verfertigte er daselbst 1742
THOMAS SPENCER ein Spiegelteleskop von 12 Fufs
für 630 Pfd. Sterling und im Jahr 1752 machte er
gröfseres für den König von Spanien für 1200 Pfd.
Kurz vor seinem Tode brachte er noch den Spiegel
de, der zu dem grofsen Aequatorial gehörte, das d
Bruder THOMAS SHORT in der Sternwarte zu Edinb
stellte und für welches der König von Dänemark die
von 1200 Guineen vergebens geboten hatte[1].

Schon mit HADLEY hatten sich BRADLEY und
NEUX verbunden, um gröfsere und vollkommne Sp
leskope zu Stande zu bringen. Besonders legten sie
die Erfindung einer bessern Composition der Metallm
die Spiegel und auf ein genaueres Verfahren in der
derselben[2]. Aus dem Vereine dieser drei Männer
mehrere sehr gute Teleskope hervor, von denen das g
Fufs Brennweite hatte. Durch die offene Bekanntm
ihrer Methoden eigneten sich nun auch die andere K

1. BERNOULLI lettres astronomiques, Berlin 1771. Let. VI
und LALANDE's astron. §. 2331.

2. Ihr Verfahren wird näher beschrieben in SMITH's Lehrbegriff
Optik. Bd. III. Cap. II.

...sen Gegenstand zu, und SCARLET besonders mit HEARNE ...chten der kleineren Spiegelteleskope so viele, dafs sie von ... in allgemeinen Gebrauch kamen und zu den stehen... Artikeln eines jeden optischen Ladens gemacht wurden [1]. ... Spiegelmetallen zu diesen Spiegeln wäre wohl eine solche ..., die nicht der Oxydation unterworfen wäre, eine hohe ...annahme und so wenig Licht als möglich absorbirte. ... Platin dazu empfohlen, aber, so viel uns bekannt, ... keine Versuche im Grofsen damit gemacht, obschon jetzt ... edle Metall durch Rufsland allgemein verbreitet und im ... sehr gefallen ist. Der Abbé ROCHON soll ein sechs... Teleskop mit einem Platinspiegel verfertigt haben, ... der 8,75 Zoll im Durchmesser hielt [2]. Es wird sogar von ... Gregorianischen Teleskop desselben ROCHON geredet, ... einen Spiegel von 22 Zoll Durchmesser und 22,5 Fufs ...weite gehabt haben soll. Wir wissen nicht, was diese ...mente geleistet haben und wohin sie gekommen seyn ...gen.

Alle bisher genannte Spiegelteleskope aber wurden von ... des W. HERSCHEL weit übertroffen. Schon vor dem ... 1774 hatte er einen fünffüfsigen Newton'schen Refle... zu Stande gebracht, der als einer der besten der bisher ...ten angesehn wurde. Seitdem hat der grofse und in ... seinen Unternehmungen unermüdliche Mann mit eigner ... nicht weniger als

200	Metallspiegel von	7 Fufs,
150	— — —	10 Fufs,
80	— — —	20 Fufs

...weite vollendet. Als gröfster Optiker seiner Zeit und ... aller Zeiten war er zugleich einer der gröfsten und ...sten Astronomen. Denn er begnügte sich nicht, die be... Spiegelteleskope verfertigt zu haben, er wollte sie auch

[1] Ueber die Composition und Politur der Metallspiegel findet ... Anleitungen von JOHN MUDGE in den Phil. Transact. Vol. ... P. I. und in EDWARD's Directions for making the best composi... etc. im Nautical Almanac for the year 1787. Ueber Glasspiegel ... SMITH in Phil. Trans. N. 456. Art. 8. einen geschätzten ...

[2] Gotha'sches Magazin für d. Neueste aus der Physik. Bd. VII. ... S. 183.

selbst am besten gebrauchen. Schon das Teleskop von 7 Brennweite, das er im Jahre 1780 vollendet hatte, diente zu einer der glänzendsten Entdeckungen, die allein seinen Namen für immer unvergeſslich machen wird. diesem Instrumente fand er am 13. März 1781 den er testen Planeten, *Uranus*. Die an diesem Teleskope brachten Oculare gaben ihm eine Vergröſserung von 23 und 930. An seine spätern 20füſsigen Reflectoren kon Vergröſserungen von 500 bis 2000 anbringen, ohne sie, fü starke Gegenstände, zu überladen. In demselben Jahre begann er, durch seine Entdeckung aufgemuntert, ei leskop von 30 Fuſs Länge mit einem Spiegel von 36 Z Durchmesser zu verfertigen. Aber im Jahre 1789 vo er, unter den freigebigen Schutz seines Königs Georg stellt, das gröſste aller Spiegelteleskope von 40 Fuſs La einem Spiegel von 4,125 Fuſs oder 49,5 Zoll im Durc Die aus Eisenblech gebaute Röhre dieses in seiner A zigen Instruments hat 40 engl. Fuſs Länge, mit einer nung von 4 Fuſs 10 Zoll im Durchmesser. Das gan leskop wiegt mit seinem Spiegel gegen 5100 Pfund. D Spiegel, den er zu diesem Instrumente gemacht hatte 1035 Pf. Da er ihn aber zu schwach fand und Bie besorgte, so verfertigte er einen andern, der vor sei arbeitung 2500 Pf. und nach derselben 2148 Pf. wog. Die ste Vergröſserung, die er noch bei Beobachtung der F gebrauchte, war 6400; für die Planeten pflegte er d 500 und lieber noch die von 250 anzuwenden. Die keit, unter welcher die Gegenstände in diesem Inst erscheinen, soll selbst für geübte Beobachter überrasch wesen seyn, wie sich auch von einem so gewaltigen erwarten läſst. Die Kosten des Ganzen sollen sich a Pf. Sterl. belaufen haben. Bei den Beobachtungen mit Teleskop sitzt der Astronom seitwärts von der Oeffn Rohrs, sein Gesicht dem Spiegel, seinen Rücken dem (zugewendet, und betrachtet das Bild, welches der gro einzige Spiegel von den Gegenständen entwirft, und mit seiner Ocularlinse, wie oben (N) bereits erwähnt wo Damit der Beobachter mit seinem Kopfe das Licht nicht frei zum Spiegel zu gelangen, wird der letztere etwas gegen die Axe gestellt, so daſs also auch das Bild auſs

r, nahe am Rande der Röhre, entsteht. Unglücklicher ise verlor der Spiegel durch eine einzige feuchte Nacht e hohe Politur und das Instrument wurde, wenige Jahre h seiner Aufstellung, unbrauchbar. Auch waren wohl die bachtungen an diesem zu voluminösen Teleskope sehr unge, so gut und sinnreich auch die Vorrichtungen zu der ung und Handhabung desselben gewesen sind. Die Fi-gt diese Vorrichtung, wie sie in den neuern Zeiten setzt worden ist und für größere Teleskope überhaupt in Engl gebraucht wird. Die Zeichnung zeigt ohne weitere Erng das starke Gerüst, zwischen welchem das Teleskop ch Schnüren in verticaler Richtung bewegt werden kann; horizontale Bewegung des Fernrohrs aber wird dadurch gebracht, daſs das Instrument sammt seinem Gerüste, f vier Rollen, auf der Peripherie einer kreisförmigen, nden Unterlage, dem Fuſsboden des Instruments, ebench Schnüre und Kurbeln, herumgeführt wird. Um ber das Ganze wird ein Thurm mit einem beglichen Dache erbaut, dessen Oeffnung man auf diejenige e des Himmels bringen kann, auf der man eben beobacht.

Fig. 84.

Die groſsen Entdeckungen, die HERSCHEL's Namen verhaben, wurden nicht mit diesem 40füſsigen Teleskope cht, sondern mit den 12- und 20füſsigen, die viel leichbehandeln sind. Auch ist jetzt durch J. F. W. HERL, den Sohn von Sir WILLIAM HERSCHEL, an derselben , wo früher jenes groſse Teleskop stand, ein anderes von s Brennweite und 18 Zoll Oeffnung errichtet worden, n auch der Letztere, bis zu seinem Abgange nach dem reits viele interessante Beobachtungen, besonders über belmassen des Himmels angestellt hat, die wohl allein den Herschel'schen Teleskopen mit der erforderlichen gesehn werden können. Die gröſsern Spiegelteleskope n bisher als England allein angehörend betrachtet, da ssten derselben, die man in andern Ländern aufgestellt braucht hat, in England verfertigt sind. Hier werden jenigen auszunehmen seyn, die SCHRÖTER in Lilienrd SCHRADER in Kiel selbst verfertigt haben. Der Erhielt im Jahre 1786 ein von HERSCHEL verfertigtes Tevon 7 Fuſs 4 Zoll Länge mit einem Spiegel von 6,5

Zoll Durchmesser[1]. Schröter erhielt dazu die stärkste Vergröfserung von 1200, aber er machte sich selbst später noch stärkere Oculare, wie denn auch Herschel bei einem nahe gleich grofsen Teleskope zur Beobachtung des scheinbaren Durchmessers von α Lyrae eine Vergröfserung von 6450 angewendet hat. Uebrigens können so starke Vergröfserungen nur bei sehr lichtstarken Gegenständen, bei der günstigsten Beschaffenheit der Atmosphäre u. s. f. mit Nutzen angewendet werden. In den meisten Fällen aber wird man viel schwächere angemessener finden. So gebrauchte Schröter bei jenem Teleskope für den Saturn die Vergröfserung von 210, für den Mond aber die von 640. Der Durchmesser des Gesichtsfeldes betrug bei der 300fachen Vergröfserung 5 Minuten. Schröter's Beobachtungen zu seinen *selenographischen Fragmenten* sind beinahe ganz mit diesem Teleskope gemacht worden. In diesem Werke findet man auch die Beschreibung eines Newtonianischen Teleskops von 25 Fufs Länge, welches Schröter, gemeinschaftlich mit Schrader, selbst verfertigt und das er der k. Societät der Wiss. zu Göttingen im Jahre 1794 zur Prüfung übersendet hatte. Nach den Beobachtungen, die Schröter selbst mit diesem Teleskope angestellt hatte, ward es seinen besten Wünschen entsprechend gefunden. Er sah damit im Jahre 1794 den Stern σ Orionis zwölffach. Bekanntlich ist er erst in unsern Tagen von Struve mit dem grofsen Refractor Fraunhofer's 16fach gesehn worden[2]. Bald nachher verfertigte Schrader ein anderes Teleskop von 26 Fufs Länge, das er selbst[3] beschrieben hat. Eins der gröfsern von Herschel verfertigten Teleskope findet man auch in dem mathematischen Salon zu Dresden, in der sogenannten Hofsternwarte in Wien und auf dem Observatorium zu Göttingen. Von Ramage's neuern grofsen Spiegelteleskopen ist schon oben (O) gehandelt worden. Noch wollen wir bemerken, dafs der berühmte Astronom in Cambridge, jetzt in Greenwich bei London, G. B. Airy, erst im Jahre 1822 wieder die Glasspiegel zu ihrer früher verlornen Ehre zu bringen

1 Schröter Beiträge zu den neuesten astronomischen Entdeckungen. Berl. 1788.

2 M. s. Götting. gel. Anzeigen 1794. St. 60. und Bode's astr. Jahrbuch. 1793, 94, 96 und 1797.

3 Beschreibung eines Teleskops. Hamburg 1794.

sachte. Nach seinem sinnreichen darauf angewendeten Verfahren liefs er mehrere recht gute Teleskope mit Glasspiegeln verfertigen, und man mufs bedauern, dafs seine andern gehäuften Geschäfte als Lehrer der Mathematik und jetzt als kön. Astronom in Greenwich ihm nicht erlaubten, diesen interessanten Gegenstand weiter zu verfolgen.

L.

Tellur.

Tellurium; *Tellure*; Tellurium.

Ein von Müller v. Reichenstein und von Klaproth entdecktes Metall, im gediegenen Tellur, Schrifttellur, Weifstellur, Blättertellur, Tellurwismuth, Tellurblei und Tellursilber vorkommend; krystallisirt in spitzen und stumpfen Rhomboedern und sechsseitigen Tafeln, nach den Flächen des spitzen Rhomboeders spaltbar; von 6,2445 spec. Gewichte; sehr spröde, zinnweifs, schmilzt unter der Glühhitze, und siedet noch unter dem Erweichungspuncte des Glases, gelbe Dämpfe von unangenehmem Geruch erzeugend.

Das *Tellur-Oxyd* oder die *tellurige Säure* (32,1 Tellur auf 8 Sauerstoff) ist ein weifses Pulver, leicht schmelzbar und dann zu einer strohgelben, strahligen Masse erstarrend, leicht in Wasser löslich. Die Auflösungen desselben in Säuren werden oft schon durch Verdünnung mit Wasser zersetzt; Phosphor, schweflige Säure, Antimon, Zink und mehrere andere Metalle fällen daraus metallisches Tellur, Alkalien fällen es weifs, Hydrothionsäure schwarzbraun, mit den Alkalien und anderen stärkeren Salzbasen bildet die tellurige Säure tellurig-saure Salze, von denen die des Ammoniaks, Kali's, Natrons und Lithons in Wasser löslich sind. Die *Tellursäure* (32,1 Tellur auf 12 Sauerstoff) erscheint im wasserfreien Zustande als orangegelbes Pulver, in Wasser und den meisten übrigen Flüssigkeiten unlöslich; in gewässertem in farblosen Krystallen, welche metallisch schmecken, Lakmus röthen, sich reichlich in Wasser und wässerigen Säuren lösen und mit den Salzbasen die tellursauren Salze bilden, von denen die der Alkalien in Wasser löslich sind.

Das Tellur ist das einzige Metall, welches mit Wa
stoff eine Säure zu bilden vermag. Diese, die *Hydrotel*
säure (32,1 Tellur auf 1 Wasserstoff), ist ein farbloses, b
bares Gas, der Hydrothionsäure ähnlich riechend, vom W
leicht absorbirbar, mit Alkalien hydrotellursaure Salze lie
Das *Fluortellur* ist wasserhell, leicht schmelzbar und
dampfbar. Das *Halb-Chlor-Tellur* ist ein schwarzer,
krystallinischer Körper, der leicht schmilzt und sich da
einen purpurnen Dampf verwandelt. Das *Einfach-Chlor*
ist weifs und krystallinisch, zu einer gelben Flüs
schmelzbar und schwierig in dunkelgelben Dämpfen ve
tigbar. Das *Bromtellur* krystallisirt in gelben Nadeln,
Hitze schmelzend und einen gelben Dampf bildend. Das
tellur krystallisirt in eisenschwarzen Säulen. Das *Sch*
tellur ist, durch Füllung erhalten, braunschwarz, nach
Schmelzen grau, halb metallglänzend und ein Nichtleit
Elektricität.

G.

Temperatur.

Temperatura; Température; *Temperatur*

Das Wort Temperatur (von *temperare*, mäfsigen), wen
den Gebrauch desselben in der Akustik ausschliefsen[1]
zeichnet die in Beziehung auf die Wärme und Kälte vorhan
Zustände der Körper in der Art, dafs eine *hohe* Temp
das Vorhandenseyn verhältnifsmäfsig vieler Wärme, ein
dere aber weniger Wärme andeutet. Hiernach wäre T
ratur mit Wärme identisch, wenn nicht der erstere Au
blofs den Zustand der Körper, der letztere aber zuglei
Ursache dieses Zustandes bezeichnete. Man könnte
die Untersuchung der Temperatur auch als einen The
Wärmelehre betrachten, allein die Temperaturverhältnis
verschiedenen Gegenstände, namentlich unserer Erde u
den unteren Regionen des Luftkreises an den verschie
Orten, sind so zusammengesetzt und wichtig, dafs ihnen
wendig ein eigner Artikel gewidmet werden mufs;

1 S. *Schall.* Bd. VIII. S. 341.

[illegible] von der Entstehung und den Modificationen der die Temperatur bedingenden Wärme nicht die Rede seyn, indem diese zweckmäßiger dem Artikel *Wärme* anheimfallen. Man übersieht man bald, daſs sich nicht wohl Untersuchungen über Temperatur im Allgemeinen anstellen lassen, sondern diese beziehen sich stets auf diejenige, welche einem gegebenen Gegenstande eigen ist. Sofern aber die Menge der Gegenstände, deren Temperatur untersucht werden könnte, unendlich ist, so können die Untersuchungen sich nur auf diejenigen beziehen, deren Temperatur zu kennen für uns von Wichtigkeit ist, namentlich die Erde, deren Kruste und die sie unmittelbar berührenden Luftschichten.

A. Temperatur im Innern der Erde[1].

1) Dieser Gegenstand ist bereits[2] untersucht worden und es bedarf also hier nur eines Nachtrags. Es wurde aus zahlreichen Beobachtungen geschlossen, daſs die Wärme der Erde mit der Tiefe des Eindringens nach dem Innern derselben bedeutend zunehme und sich hiervon auf den Zustand des eigentlichen Innern schlieſsen lasse, wenn auch das genaue Gesetz der Zunahme der Wärme mit der Tiefe noch nicht ausgemittelt ist. Seitdem wurde diese Aufgabe ausführlich durch Cordier[3] behandelt, welcher zu dem nämlichen Resultate gelangte. Hierzu benutzte er die bereits genannten Untersu-

1 Die Aufgabe, die Temperatur unserer Erde genauer zu kennen, ist von solcher Wichtigkeit, daſs ihr ein eigener, nachfolgender Artikel gewidmet werden muſste. Inzwischen durften einige dazu gehörige Sätze wegen ihres genauen Zusammenhanges mit den folgenden Untersuchungen hier nicht fehlen. Wiederholungen sind dabei möglichst vermieden worden.

2 S. Erde. Bd. III. S. 971. Vergl. Arago in Annuaire 1834. Poggendorff Ann. Bd. XXXVIII. S. 235. Edinb. Phil. Journ. T. XXXII. 45.

3 Mém. de l'Acad. l'Inst. de France. T. VII. p. 473. Edinb. New Phil. Journ. N. VIII. p. 273. X. p. 277. XI. p. 32. Seine Abh. ist vom 1. Juni 1827. Vergl. Schweigger's Journ. Bd. LII. S. 265. Mém. du Musée d'Histoire nat. 8ter Jahrg. 5. Heft. Poggendorff Ann. Bd. [illegible] S. 363.

chungen von GENSANNE[1], D'AUBUISSON[2], DE SAUSSURE, FREIESLEBEN und V. HUMBOLDT, V. TREBRA, THOM. LEAN und W. FOX, aufserdem aber die nicht genannten von BALD, DUNN und FENWICK in den Kohlenminen von Nordengland. CORDIER verkennt nicht, dafs ein kleiner Irrthum in der Annahme der Temperaturvermehrung bei gemessenen Tiefen bedeutende Fehler in der Bestimmung des Gesetzes der Wärmezunahme hervorbringen mufs. Seine eigenen Messungen in den Minen von Littry, im Departement von Calvados, [illegible] Fufs über dem Meeresspiegel, 2) in denen von Decise im Departement von Nièvre, 460 F. hoch sich öffnend, 3) [illegible] Carmeaux im Departement der Tarn, nördlich von Alby, ungefähr 768 F. über dem Meeresspiegel sich öffnend, in den Jahren 1822 bis 1825 sind daher mit gröfster Vorsicht angestellt worden; die gebrauchten Thermometer wurden mit Hülfe von ARAGO und MATHIEU mit dem auf der Sternwarte zu Paris verglichen und verdienen daher volles Vertrauen.

2) Mit Recht verwirft CORDIER die grofse Zahl von Beobachtungen der Lufttemperatur in den Schachten, weil aus seinen, auf Sachkenntnifs gestützten, Bemerkungen genügend hervorgeht, dafs zu viele Bedingungen störend einwirken, den Mangel genügender Vorsicht bei ihrer Anstellung nicht gerechnet. Dennoch geht aus ihnen unverkennbar eine mit der Tiefe zunehmende Temperatur hervor. Die aus den Grubenwassern erhaltenen Resultate sind allerdings weit zuverlässiger, aber keineswegs absolut sicher, weil man nicht wissen kann, wie schnell das Tagewasser durch die Erdkruste dringt, bis zu welcher Tiefe es vor seinem Erscheinen herabsinkt und durch welche Canäle es vorher läuft. Es ist demnach, insbesondere bei den besseren, jetzt zu Gebote stehenden Thatsachen, überflüssig, das Gesetz der Wärmezunahme, wie CORDIER dasselbe aus den älteren Beobachtungen in Sachsen, England und Mexico ableitet, hier wiederzugeben. Das Einschliefsen der Thermometer in die Felsen der Schachte verspricht weit si-

---

1 Er bezieht sich auf MAIRAN Dissertation sur la Glace. Par. 1749. p. 60., die mir nicht zur Hand ist.

2 Journ. des Mines. T. XI. p. 517. T. XXI. p. 119. Description des Mines de Freiberg. p. 151. 186. 200.

3 Ann. de Chim. et Phys. T. XIX. p. 488. T. XXI. p. 308. Vergl. N. J. WINCH Geogr. Distrib. of Plants. p. 51.

abweichende Resultate, aber dennoch verwirft CORDIER diejenigen, welche v. TREBRA in den sächsischen Bergwerken erhalten hat, weil die hervorstehenden Felsen zu lange mit der Luft in den Minen in Berührung gewesen waren. Ebendieses Argument läfst sich gegen einige Messungen in den Minen von Cornwallis und Carmeaux geltend machen, weniger aber gegen die zu Dolcoath in Cornwallis durch FOX angestellten, wo ein Thermometer, 3 F. 3 Zoll tief in einen Felsen eingesenkt, 18 Monate hindurch beobachtet wurde, obgleich auch diese nicht gegen jede Einwendung sicher sind. Die einzige unzweifelhafte Thatsache ist die höhere Temperatur, die man unveränderlich in den Gewölben unter der Sternwarte zu Paris antrifft, aus welcher eine Tiefe von 92 Fufs für 1° C. hervorgeht.

3) Die Versuche CORDIER's genauer zu beschreiben übergehe ich der Kürze wegen, und begnüge mich, die hauptsächlichsten der verschiedenen Folgerungen mitzutheilen, welche er daraus ableitet, deren einige zwar mehr in das Gebiet der Phantasie gehören und minder genau mit anderweitigen Thatsachen übereinstimmen, die meisten aber zur Erklärung der geologischen Phänomene höchst fruchtbar sind. Uebereinstimmend mit früheren Versuchen geht aus den sehr genauen von CORDIER unverkennbar eine mit der Tiefe zunehmende Wärme hervor, die auffallend wächst, aber bei weitem nicht an allen Orten auf gleiche Weise, und die keinem constanten, auf die geographische Länge oder Breite gestützten, Gesetze unterliegt[1]. In einigen Gegenden beträgt die einem Grade zugehörige Tiefe nicht mehr als 15, ja sogar nur 13 Meter, im Mittel aber läfst sich vorläufig 25 Meter hierfür annehmen. Hieraus folgt dann zunächst, dafs der Erdball anfänglich in feurigem Flufs gewesen seyn müsse und dafs dieser Zustand noch jetzt in ihrem Innern statt finde. Nähme die Wärme in dem angegebenen

---

1 FR. PARROT d. Aelt. hat in einer ausführlichen Abhandlung in Mém. de l'Ac. Imp. des Sc. de Petersb. VI. Sér. T. I. p. 601. die Meinung von einer nach dem Innern der Erde zunehmenden Wärme bestritten. Hierbei stützt er sich hauptsächlich auf den Mangel an Uebereinstimmung der bisher erhaltenen Resultate. Dieser Einwurf ist allerdings gegründet, kann aber das Ergebnifs im Ganzen, wonach die Wärme mit der Tiefe zwar wächst, wenn gleich das Gesetz der Zunahme noch unbekannt ist, nicht aufheben.

Verhältnifs zu, so betrüge die Glühhitze im Centrum die enorme Gröfse von 3500° Wedgwood oder 250000° C. Eine Hitze von 100° Wedgwood, die im Stande wäre, alle Laven zu schmelzen, würde nach seinen Versuchen schon eintreten zu Carmeaux in 55 Lieues Tiefe, jede Lieue zu 5000 Meter gerechnet, zu Littry in 30 Lieues, zu Decise in 23 Lieues, welche Gröfsen $\frac{1}{23}$, $\frac{1}{42}$ und $\frac{1}{55}$ vom Halbmesser der Erde ausmachen, und in diese Tiefen müfsten wir denn auch den Flüssigkeitszustand des Erdballs setzen. Wird dann mit Fourier angenommen, dafs die Erde sich noch fortwährend abkühlt, so müssen hierdurch auch stets noch primitive Lagerungen gebildet werden, bis die Abkühlung aufhört. Die Dicke der bereits abgekühlten Rinde der Erde kann nicht wohl mehr als 20 Lieues zu 5000 Meter betragen, welches nicht völlig $\frac{1}{63}$ des Erdradius ausmacht, jedoch ist diese Dicke nicht überall gleich, die dünneren Schichten geben eine gröfsere Bodenwärme, und daher kann die mittlere Temperatur nicht nach einer auf die Breitengrade gegründeten Formel für alle Längen berechnet werden, wie solche durch Mairan, Lambert, Mayer und Andere aufgestellt worden sind. Die Beweglichkeit der innern flüssigen Masse mufs dann auch nothwendig die Zerreifsungen und Zerklüftungen der Kruste bewirkt haben, die wir überall wahrnehmen, und die weithin sich erstreckenden Erdbeben zeigen noch fortwährend Schwankungen der Erdkruste, wie denn nicht minder die Hebungen der skandinavischen Küsten und das Sinken der africanischen im Betrage von 2 bis 3 Centimetern in einem Jahrhundert leicht damit in Zusammenhang zu bringen sind. Kühn ist die Hypothese, wonach die vulcanischen Ausbrüche dadurch erzeugt werden sollen, dafs die stets sich mehr abkühlende Kruste eine Zusammenziehung erleidet, welche bei der inneren glühenden Masse geringer ist, während gleichzeitig die Excentricität der Erde zunimmt, weswegen die inneren Theile durch die Krater der Vulcane einen Ausweg suchen. Zur Unterstützung dieser Meinung dienen die Messungen der Massen, welche vom Pico di Teneriffa in den Jahren 1705 und 1798 und von den erloschenen Vulcanen Murol in der Auvergne und Cherchemus bei Mezin im Innern von Frankreich ausgeworfen worden sind, woraus sich ergiebt, dafs diese im Mittel ein Kubik-Kilometer (29174 Kub. F.) betragen. Würde diese Masse über

die ganze Erde ausgebreitet, so betrüge die Dicke nicht mehr als $\frac{1}{100}$ Millim., und der mittlere Halbmesser des noch glühenden Erdkerns, die feste Kruste 20 Lieues (von 5000 Meter) dick angenommen, würde dadurch nur um $\frac{1}{191}$ Millim. verkürzt werden. Eine Verkleinerung des Erdballs durch Abkühlung könnte sonach, meint Cordier, mit der Behauptung Laplace's, daſs die Länge der Tage seit Hipparch's Zeiten noch kein Dreihundertstel einer Centesimal-Secunde abgenommen habe, sehr wohl bestehn. Uebereinstimmend mit der ganzen Hypothese müssen die Erdbeben die dünnsten Stellen der Erdkruste am meisten treffen. Unhaltbar ist dagegen nach neueren Ergebnissen die Hypothese, daſs die Menge des Eisens im Innern der Erde, welches durch die Bestandtheile der Laven und das spec. Gewicht der Erde angedeutet wird, nach Halley's Meinung Ursache des tellurischen Magnetismus seyn soll, da glühendes Eisen nicht magnetisch ist, der Magnetismus der Erde ohne Zweifel bloſs in der erstarrten Rinde seinen Sitz hat, und da am schwächsten sich zeigt, wo die zersetzte Erdkruste am dünnsten, die Bodenwärme dagegen am gröſsten ist, woraus die eigenthümliche Krümmung der nördlichen isodynamischen Linien erklärlich wird[1].

4) Wenn gleich die von Cordier aufgestellten Folgerungen als bereits hinlänglich begründet angenommen werden und man sonach im Ganzen nicht mehr an einer mit der Tiefe zunehmenden Temperatur des Erdballs zweifelt, die in der Tiefe von etlichen geographischen Meilen nicht bloſs zur Glühhitze, sondern sogar bis zur Schmelzhitze der strengflüssigsten Fossilien übergehn muſs, man ferner im Allgemeinen damit einverstanden ist, anzunehmen, daſs wegen der vielen und groſsen obwaltenden Schwierigkeiten das Gesetz der Wärmezunahme nicht mit absoluter Schärfe aufgefunden werden kann, da es auf jeden Fall höchst wahrscheinlich ist, daſs dasselbe nicht an allen Orten der Erde das nämliche sey, und auſserdem ganz willkürlich vorausgesetzt wird, daſs die mit der Tiefe bis zum Centrum wachsende Wärme eine arithmetische Reihe bilde, so bleibt dennoch das Problem ein sehr wichtiges und die Ansprüche der Wissenschaft fordern daher,

---

1 Vergl. unten: *Ursachen der Temperatur-Unterschiede*, *Bodenwärme*.

dafs man dasselbe so weit als möglich verfolge. Man hat demnach auch später die bis dahin aufgefundenen Thatsachen durch keineswegs unbedeutende Beiträge vermehrt.

5) Ein Zweifel gegen die Hypothese einer Wärmezunahme nach dem Innern der Erde, wie der bereits erwähnte von Moyle, ist nicht weiter erhoben worden, aufser ein ähnlicher von Math. Miller[1], nach dessen Meinung die gröfsere Wärme in tiefen Schachten vom Niedersinken der äufsern Luft herrührt, welche dadurch verdichtet werden und Wärme ausscheiden soll. Dieser Einwurf ist jedoch durch Fox[2] bereits dadurch widerlegt worden, dafs er die Wärme der aufsteigenden und der niedersinkenden Luftströme in tiefen Schachten mafs, wobei sich zeigte, dafs jene 5° bis 9°,5 C. wärmer sey, als diese. Unter die älteren, noch nicht erwähnten und hier daher nachzutragenden, Messungen gehören die von John Forbes[3] in den Kohlenminen von Cornwallis, welcher anfangs gleichfalls die Meinung hegte, die wahrgenommene höhere Temperatur entstehe durch die Arbeiter und Grubenlichter, was er durch Berechnung der hierdurch erzeugten Wärme, mit Rücksicht auf die fortdauernd weggeführte, zu beweisen suchte. Durch diese genaueren Bestimmungen und durch fortgesetzte Messungen überzeugte er sich jedoch, dafs diese Ursache zwar mitwirkend, zugleich aber dennoch eine innere Wärme der Erde anzunehmen sey. Ebendieses Resultat geht aus den vielen Messungen hervor, welche Bald[4] in den Kohlenminen in Nordengland vornahm, so wie aus denen von John Davy[5] und von Barham[6], welcher in den vielfach für diesen Zweck benutzten Kohlenminen von Cornwallis die Temperatur von 16 bis 100 Fathoms = 28° bis 34° C., in 230 Fathoms Tiefe aber = 41° bis 45° C. gefunden haben will. Aus den Messungen in den Minen von Durham in Northumberland folgt

1 Edinburgh Phil. Journ. N. XVIII. p. 242.
2 Philos. Magaz. and Annals of Phil. 1830. Febr.
3 Cornwall. Geol. Trans. T. II. p. 159. Ann. of Phil. XXII. p. 447. Phil. Mag. LXI. p. 436. G. LXXVI. 390.
4 Edinburgh Phil. Journ. N. I. p. 134.
5 Edinburgh Journal of Science N. V. p. 75.
6 Cornwall. Geol. Trans. T. III. p. 150. Férussac Bulletin. Geol. 1829. N. II. p. 174.

e Zunahme der Temperatur von 1° C. für 80 Fufs Tiefe[1]. Resultate der älteren Versuche sind verschiedentlich, na- ntlich auch durch Henwood[2] zusammengestellt worden und sen im Ganzen keinen Zweifel an der Richtigkeit der Thatsache rig. Unter die neueren Versuche gehören ferner diejenigen, lche R. Fox[3] mit dem ausgepumpten Wasser in den Mi- n von Cornwallis angestellt hat, da man auch nach Cor- nu hieraus richtigere Resultate erhält, als durch Beobach- ngen der Lufttemperatur. In den Kupferminen der Parochie wennap fand er für 1° C. 30 Fufs Tiefe, in den Zinnminen uel-Var bei Helston für 1° C. Temperaturerhöhung 75 Fufs; n stärksten war die Wärmezunahme in den Poldice Kupfer- d Zinnminen in der Parochie Gwennap, welche gleichfalls ermittelst des ausgepumpten Wassers gefunden wurde, denn e betrug im nahe übereinstimmenden Mittel aus beiden für ° C. nur 16 Fufs. Dieses weicht sehr ab von demjenigen esultate, welches Irving[4] in den Minen der Leadhills er- ielt, denn dort betrug die Wärmezunahme nur 1° C. für 190 Fufs Tiefe. In Beziehung auf die vielen, in England ange- stellten, Messungen verdient als auffallendes Resultat noch er- wähnt zu werden, dafs nach Henwood's[5] Messungen in den Minen von Cornwallis die Temperatur im Granit mit der Tiefe weniger zunehmen soll, als in den geschichteten Fels- ten; denn es betrug die Wärme

is 50 Faden	im Granit 11° C.,	in geschichteten Felsarten	13°,89 C.
- 100	— — — 15,00	— — — —	16,30 -
- 150	— — — 18,50	— — — —	20,00 -
- 200	— — — —	— — — —	25,56 -
tiefer	— — — 27,37	— — — —	29,75 -

i einer andern Mine gab das unterirdische Wasser als noch herers Resultat:

Galerie 22,5 Faden im Granit 12°,45 C.; 17 Faden
in geschichteten Felsarten 11°,88 C.
in 100 Faden im Granit 14,00 C.; 113 Faden
in geschichteten Felsarten 15°,36 C.

1 Edinburgh Journ. of Science N. S. N. XII. p. 845.
2 Edinburgh Journ. of Sc. N. XX. p. 284.
3 Edinburgh New Phil. Journ. N. XX. p. 382.
4 L'Institut. 1836. N. 172.
5 L'Institut. 1836. N. 185. Edinburgh New Phil. Journ. N. XLII. p. 376.

Dieses auffallende Ergebnifs mufs jedoch durch anderweitige Erfahrungen erst weiter bestätigt werden, ehe man eine Erklärung desselben versuchen darf.

Die mit der Tiefe wachsende Temperatur ist auch an vielen andern Orten bestätigt worden[1], z. B. in den Minen der Leadhills in Schottland[2], wo nach mehrmonatlicher Abwesenheit aller Arbeiter die Wärme des Wassers oben 4°,44 C. und in 95 Faden Tiefe 9°,44 gefunden wurde. Zu Dieuze, wo die mittlere Temperatur der Luft 10°,1 C. beträgt, fand Levallois[3] in einer fast 330 F. tiefen Salzmine 13°,1 C., so dafs dort also gerade 110 Fufs Tiefe auf 1° C. Wärmezunahme kommen. Ebenso gewahrte man auch zu New-Jersey in einem 300 Fufs tiefen Brunnen eine merkliche Zunahme der Temperatur[4]. Merkwürdig ist der Umstand, welchen man bei den tiefen Brunnen in Indien wahrgenommen hat, nämlich dafs diejenigen, aus denen stets Wasser zur Bewässerung geschöpft wird, eine höhere und mit der Tiefe mehr zunehmende Temperatur zeigen, als diejenigen, die seltener im Gebrauch sind. Tremenheere[5] unter Andern fand unter 26° und 28° N. B. und 76° bis 78° östl. Länge v. G., wo die mittlere Temperatur = 24°,5 C. ist, in 40 bis 80 Fufs Tiefe 25°,56 C., in 80 bis 120 Fufs 26°,31 C., in 120 bis 140 Fufs 27°,22 C. Wärme.

6) Alle diese Resultate beweisen zwar im Allgemeinen den fraglichen Satz, es giebt jedoch andere Versuche, welche, mit weit mehr Umsicht angestellt, der Sache eine mehr wissenschaftliche Grundlage geben. Dahin gehören vorzüglich diejenigen, welche P. Erman[6] in einem Bohrloche zu Rüdersdorf unweit Berlin angestellt hat. Dieses Bohrloch gewährte die Erreichung einer Tiefe von 630 Fufs unter der Hängebank, die eingesenkten Röhren in demselben hatten jedoch unten eine Weite von nur 3,2 Zoll und gestatteten daher blofs

---

1 London and Edinburgh Phil. Mag. N. XXVII. p. 287.

2 Edinb. New Phil. Journ. N. XLI. p. 174.

3 Ann. des Mines 3me Sér. T. III. p. 629.

4 Ann. des Mines T. VI. p. 448.

5 Biblioth. univ. 1836. p. 355. aus As. Journ. Vergl. l'Institut. 1836. N. 184.

6 Berliner Denkschr. Jahrg. 1831. u. 1832. Vergl. v. Leonhard Neues Jahrbuch. 1833. Hft. 6. S. 717.

Anwendung eines gehörig eingeschlossenen trägen Thermometers, welches so lange in dem Wasser in der Tiefe erhalten werden mufste, bis es die dortige Temperatur angenommen hatte, und wobei dann erforderlich war, die während des Heraufziehens erfolgte Veränderung zu berechnen. Nach vorläufigen Proben nahm das Thermometer die Temperatur der Umgebung binnen 2 Stunden völlig an, auch betrug der Einflufs der äufseren Wärme nur 0,1 Grad R. in 4 Minuten; das Seil hatte vorher gehörig benetzt, im Wasser gehangen und war dann durch angeheftete Marken in die zum Messen dienenden aliquoten Theile getheilt worden. Die Versuche am 25. Juni 1831 ergaben für rheinländische Fufs

Temperatur der Luft im Freien	12°, 6 R.
— — auf der Sohle des 80 F. tiefen Schachtes	8,0 —
— — des Wassers daselbst	10,3 —
— — in 625 Fufs Tiefe	15,58 —
— — in 496 —	14,50 —
— — in 350 —	13,98 —
— — in 200 —	10,75 —
— — in 630 —	15,40 —

Nimmt man aus den beiden Resultaten für die gröfste Tiefe das Mittel = 15°,49 und für die bekannte mittlere Temperatur des Ortes 8°,04, so beträgt die Zunahme 7°,45 R., wodurch die von einigen Gelehrten rücksichtlich der Wärmezunahme gemachten Einwürfe gänzlich beseitigt werden. Sollten jedoch die erhaltenen Resultate zur genauen Bestimmung des Gesetzes dieser Zunahme dienen, so bemerkt Erman mit Recht, dafs wegen des Ausströmens des Wassers aus diesem artesischen Brunnen die erforderlichen Correctionen unmöglich aufzufinden sind, und man kann hierzu nur gelangen, wenn man das Thermometer in die verschiedenen Tiefen frisch gebohrter Löcher herabsenkt. Da die ganze gebohrte Tiefe des Loches 709 Fufs betrug, die Röhrenleitung aber nur bis 630 Fufs reichte, und das Thermometer beim letzten Versuche 5 F. tief im Schlamm steckte, so läfst sich annehmen, dafs das herabgesenkte Thermometer die Temperatur der gröfsten Tiefe angezeigt habe, in welchem Falle 95,3 Fufs für 1° R. gehörten; zeigte dasselbe aber die Temperatur derjenigen Tiefe, wo es sich wirklich befand, so würde diese Gröfse nur 84,7 Fufs

betragen. Nimmt man hiervon einen mittlern Werth, so ge!
90 Fuſs Tiefe für 1° R. Daſs aber die in den höheren
tionen beobachteten Temperaturen mit keiner dieser b
Annahmen übereinstimmen, erklärt sich leicht aus der
völligen Abkühlung des aufsteigenden Wassers und au
Einflusse des seitwärts zuströmenden. Bei diesen Vers
verdient noch bemerkt zu werden, daſs der tiefste Punc
Bohrloches von 630 Fuſs, wohin das Thermometer gel
ungefähr 428 Fuſs unter dem Spiegel der Nordsee liegt.

7) In demselben Jahre am 3. Juli stellte MAGNU
diesem Bohrloche abermals Versuche an und bediente
hierbei des von ihm eigens für solche Messungen zwe
ſsig construirten *Geothermometers*[2]. Dieses zeigte in f
Tiefe von der Höhe an gerechnet, auf welcher der S
angelegt ist, 15°,9 R., in 500 Fuſs Tiefe 14°,2 und i
F. Tiefe 13°,7. Das 80 Fuſs tiefer aus der Röhre a
ſsende Wasser zeigte 10°,3 R., mithin geben 655 —
575 Fuſs Tiefe 15°,9 — 10°,3 = 5°,6 R. Tempera
terschied, also 100 Fuſs 1° R., welches für 420 Fuſs
und für 300 Fuſs 13°,3 mit dem Versuche sehr genau
einstimmend giebt. Die mittlere Temperatur des Bod
Rüdersdorf nimmt MAGNUS mit v. HUMBOLDT zu 7°,6 R. a
dann beträgt der Temperaturunterschied für 655 Fuſs Tiefe
— 7°,6 = 8°,3 R., wonach für jede 100 Fuſs 1°,25 R.
men, oder es kämen auf 1° R. Wärmezunahme fast 79
Tiefe. Wollte man aber die Wärmezunahme von der
des Stollens anfangend rechnen, welcher mit einem nah
von der angegebenen mittleren Bodentemperatur in gl
Niveau liegt, so kämen auf 1° R. nur etwas über 69
eine allerdings geringe Gröſse, welche auf die Verm
führen müſste, daſs das wärmere Wasser aus gröſseren
komme. Die Messungen sind später in den Jahren 1831
und 1833 noch zehnmal durch den Bergmeister SCH
vermittelst eines Apparates wiederholt worden, welcher der
ERMAN gebrauchten nachgebildet war. Die gefundene W
zunahme stimmte jedoch weder in den verschiedenen V

---

1 Poggendorff Ann. XXII. 146.
2 Vergl. *Thermometer*.
3 Poggendorff Ann. XXVIII. 233.

hen unter sich, noch mit der durch Erman und Magnus efundenen vollkommen überein; blofs die Temperatur des ausfliefsenden Wassers wurde stets gleichmäfsig gefunden. Diese letzten Versuche haben noch den Vorzug, dafs sie bis zu einer Tiefe von 880 Fufs fortgesetzt worden sind, also bis etwa 700 Fufs unter den Spiegel des Meeres. Dort war die Wärme 18°,8 R., wonach also 78,5 Fufs auf 1° R. kommen. Nach Hericart de Thury[1] hat das Wasser eines 67 Meter tiefen artesischen Brunnens bei Epinay 14° C., eines andern daselbst von 54 Metern Tiefe 13°,3, während ein 12 Meter iefer Brunnen nur 11° C. zeigt. Diese Temperaturen als den Tiefen genau zukommend angenommen geben sehr nahe 56,4 F. Tiefe für 1° C. Wärmezunahme und die mittlere Temperatur der Oberfläche = 10°,34 C. Zu Rochelle, wo die mittlere Temperatur der Luft und des Bodens einander sehr gleich sind, zeigt ein 123,16 Meter tiefer artesischer Brunnen 18°,12 C., welches bei einer mittleren Temperatur von 11°,87 C. für 1° C. 19,71 Meter oder nahe 61 Fufs giebt[2].

8) An diese schätzbaren Versuche lassen sich am besten die noch vorzüglicheren anreihen, welche von de la Rive und Marcet in einem artesischen Brunnen eine Lieue von Genf und 297 Fufs über dem Spiegel des Sees angestellt wurden[3]. Der Umstand, dafs das Wasser in demselben nicht aufsteigen wollte, war der beabsichtigten Untersuchung ausnehmend günstig; aufserdem bedienten sie sich eines genau und zweckmäfsig construirten Register-Thermometers, und sie betrachten es als eine Folge dieser günstigen Bedingungen, verbunden mit der aufgewandten grofsen Sorgfalt, dafs als Resultat eine regelmäfsig mit der Tiefe wachsende Temperatur hervorging. Sie fanden

Tiefe	Temperatur	Tiefe	Temperatur	Tiefe	Temperat.
30 Fufs	8°,4 R.	250 Fufs	10°, R.	500 Fufs	12°,2 R.
60 —	8,5 —	300 —	10,5 —	550 —	12,63 —
00 —	8,8 —	350 —	10,9 —	600 —	13,05 —
50 —	9,2 —	400 —	11,37 —	650 —	13,50 —
00 —	9,5 —	450 —	11,73 —	680 —	13,80 —

1 Globe 1828. Mars 26.

2 Férussac Bullet. des Sc. natur. 1830. Avril.

3 Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève. T. VI. P. II. p. 503. Bibl. univ. 1834. Mai. p. 30. Edinb. New Phil. Journ. XXXVII. p. 143.

Hiernach beträgt im Mittel die Wärmevermehrung für 100 Fuſs Tiefe 0°,875 R. oder für 1° C. gehört eine Tiefe von 32,55 Meter = 98,5 Fuſs.

9) In Wien existirten im Jahre 1830 im Ganzen 41 artesische Brunnen, deren Tiefe, Ergiebigkeit und Temperatur aus v. Jacquin's Untersuchungen[1] bekannt sind. Die Wärme des aus solchen Brunnen ausflieſsenden Wassers ist zwar ein nicht sehr zuverlässiges Mittel zur Erforschung der mit der Tiefe wachsenden Temperatur der Erde, inzwischen hat Spasky[2] dennoch die Angabe von den nicht hepatischen Brunnen benutzt, um dieses Gesetz aufzufinden. Für 27 Quellen wurde die allgemeine Gleichung in Anwendung gebracht, wonach

$$T = A + ax$$

ist, worin T die gesuchte Temperatur, A die mittlere Wärme, a die Tiefe und x die Zunahme der Wärme für 1 Fuſs Tiefe bezeichnen. Weil aber die Menge des in 24 Stunden ausflieſsenden Wassers auf den gesuchten Werth einen Einfluſs hat, so wurde auch diese mit in den Calcül genommen, woraus die Gleichung hervorging $mT = mA + max$. Alle Gleichungen geben als Endresultat, wenn die mittlere Temperatur von Wien = 8°,2 R. angenommen wird,

$$A = 8°,0311, \text{ mittlerer Fehler } 0°,08601,$$
$$x = 0,0117716, \text{ mittlerer Fehler } 0,00065.$$

Hieraus folgt eine mit der Tiefe zunehmende Wärme von 85 Wiener Fuſs für 1° R. oder fast 27 Meter, also nahe [illegible] Fuſs für 1° C.

10) Alexander v. Humboldt, alle wissenschaftliche Forschungen lebhaft befördernd, veranlaſste im Jahre 1828, daſs in den verschiedenen Bergwerken des preuſsischen Staates Thermometer beobachtet wurden, die an trockenen Stellen in Bohrlöcher gesenkt und durch eine Umgebung von schlechten Wärmeleitern gegen äuſsere Einflüsse möglichst gesichert waren. Die Absicht hierbei war nicht bloſs, das Gesetz der Wärmezunahme mit der Tiefe bestimmt zu ermitteln, sondern zugleich durch die Menge der gewählten Puncte und die Ungleichheit der Oertlichkeiten den Einfluſs äuſserer Bedingungen bestimmter kennen zu lernen, um den Grad der Genauigkeit

1 Wiener Zeitschrift VIII. 258.
2 Poggendorff Ann. XXXI. 365.

esser zu würdigen, welchen man Messungen dieser Art bei-
gen darf. Eine ausführliche Angabe der Art, wie diese Ver-
che angestellt wurden, und der durch sie erhaltenen Resul-
te, wie GERHARD[1] sie mitgetheilt hat, würde hier am un-
rechten Orte seyn, um so mehr, als aus ihnen keineswegs ein
bestimmtes Gesetz, dagegen aber die Gewifsheit hervorgeht,
auf diesem Wege ein solches wegen Unvermeidlichkeit
der aus örtlichen Einflüssen entstehenden Fehler nicht zu er-
reichen ist, insbesondere weil die wechselnde Temperatur der
umgebenden Luft auch in bedeutenden Tiefen auf die so vor-
gerichteten Thermometer noch immer einen bedeutenden Ein-
fluss ausübt. Unter den 11 Beobachtungsreihen ist 60 Par.
Fuss die geringste, 2323 Fufs aber die gröfste Tiefe, welche
der Wärmevermehrung um 1° R. zugehört; der Unterschied
zwischen diesen beiden Resultaten ist aber so grofs, dafs es
sich in der That nicht der Mühe lohnt, das arithmetische Mit-
tel aus allen aufzusuchen. Inzwischen haben diese Beobachtungen
zu einigen interessanten und für das Problem selbst wichti-
gen Bemerkungen Veranlassung gegeben. Zuerst zeigten die
nahe unter der Oberfläche der Erde befindlichen Thermometer
in einigen Fällen eine etwas höhere Temperatur, als die mitt-
lere des Ortes, im Ganzen aber ergab sich, dafs zwischen dem
... und 51,5. Grade N. B. und 763 Fufs über dem Niveau
des Meeres in 32 F. Tiefe unter der Erdoberfläche die mitt-
lere Temperatur 6°,545 R. oder 8°,181 C. betrage; auch stimm-
ten die Messungen mit der Annahme überein, dafs die Tem-
peratur für 600 Fufs Höhe um 1° R. abnehme. Unter andern
wurde die mittlere Temperatur zu Siegen, etwa zwei Meilen
vom Stahlberge, im Jahre 1829 aus 2190 Beobachtungen =
...° R. gefunden, sie müfste also auf dem Stahlberge in
... Fufs Höhe = 5°,434 seyn, wurde aber in 32 Fufs Tiefe
5°,84 gefunden, welches nur einen Unterschied von 0°,406
giebt. Nimmt man die oben angegebene mittlere Tempe-
ratur von 6°,545 R. als richtig an und corrigirt diese für die
Höhe, so betrüge sie auf dem Stahlberge 5°,658 und gäbe
einen Unterschied von 0°,224 R. Hierbei ist jedoch nicht
in Anschlag gebracht, dafs die mittlere Temperatur des Jahres
1829 in ganz Deutschland geringer war, als in andern Jahren,

[1] Poggendorff Ann. XXII. 497.

indem namentlich hier in Heidelberg die mittlere Temperatur dieses Jahres aus Beobachtungen um 9 Uhr Morgens und Abends = 6°,421 R. von dem Mittel aus 18 Jahren = 8°,008 um 1°,587 R. abweicht.

11) Das gröfste Verdienst um die Aufhellung des wichtigen Problems hat sich das kön. sächs. Oberbergamt dadurch erworben, dafs es den in Versuchen dieser Art vorzugsweise geübten F. Reich beauftragte, eine Reihe Beobachtungen in den Schachten der Freiberger Gruben anzustellen, und die erforderlichen Mittel hierzu freigebig verwilligte. Die ausgedehnten Untersuchungen wurden in den Jahren 1830 bis 1832 angestellt und sind nebst den erhaltenen Resultaten zur Freude und Belehrung aller Freunde dieses interessanten Zweiges der Naturforschung ausführlich beschrieben worden[1]. Die gebrauchten Thermometer wurden vorher genau geprüft, ihre Scalen durch Rechnung berichtigt, nach dem Gebrauche wieder nachgesehn und dürfen hiernach bis auf eine Fehlergrenze von nicht mehr als 0°,05 C. für richtig gelten; sie steckten bis an die Scale in messingnen, unten mit einem Korke verschlossenen Röhren und diese wurden, nebst den Bohrlöchern, nach dem Einsenken mit losem Sande bis obenhin angefüllt. Man war darauf bedacht, zu oberst ein Thermometer in die Erdoberfläche, aber in festes Gestein, einzusenken, das tiefste so viel als thunlich vertical unter demselben und dazwischen noch ein oder zwei andere, sämmtlich in trockne Bohrlöcher, die

1 Beobachtungen über die Temperatur des Gesteins in verschiedenen Tiefen in d. Gruben d. Sächs. Erzgebirges u. s. w. von F. Reich. Freib. 1834. In diesem Werke findet sich S. 138 eine sehr vollständige Uebersicht der bisherigen Messungen dieser Art, woraus ich folgende Angaben entnehme. Kircher Mund. subterr. 1664. T. II. p. 184 erfuhr von den Bergleuten in Freiberg, dafs in der Tiefe trockner Gruben eine gröfsere Wärme herrsche. Boerhave in Chemia. Lugd. Bat. 1732. 4. T. I. p. 479 sagt, man wisse aus Beobachtungen, dafs die Wärme mit der Tiefe zunehme, und auch Boyle in Tract. de temperie subterran. regionum erwähnt unbestimmte Beobachtungen über die mit der Tiefe zunehmende Temperatur. Diese Angaben sind die ältesten bisher aufgefundenen; zu den spätern gehören die Beobachtungen von Fahrenleben zu Clausthal, in v. Zach Mon. Corr. IX. S. 354, von Müller zu Palmbaum bei Marienberg, ebend., und von Lampadius zu Freiberg, in: Grundrifs der Atmosphärologie. S. 17.

nach allen Seiten wenigstens 40 Zoll von der Gesteinoberfläche abstanden. Die Wahl eines schicklichen Ortes für das obere Thermometer war schwierig, die Anbringung des untersten senkrecht unter demselben im strengsten Sinne genommen unmöglich, jedoch kam man der Erreichung dieser Aufgabe möglichst nahe. Die oberen Thermometer wurden in der Regel wöchentlich einmal, die tiefen zweimal abgelesen, was bei der langsamen Änderung der Temperatur solcher Orte zur Erhaltung des richtigen Mittelwerthes sicher genügt. Aus einer vorläufigen Berechnung fand sich, daſs im Mittel 100 Meter Tiefe eine Vermehrung der Temperatur von 2°,245 C. gaben, einer Erhebung von 100 Meter über die Oberfläche der Erde aber ... C. Wärmeabnahme zugehöre, vermittelst welcher Gröſse etliche Meter unter der Erdoberfläche beobachteten Temperaturen auf die der Oberfläche selbst reducirt wurden. ... tieferen Thermometern zeigte sich ein unverkennbarer ... des Wetterzuges, inzwischen hatte man für die möglichst vollständige Absperrung des letzteren gesorgt, ohne daſs es noch thunlich war, dieses Hinderniſs gänzlich zu beseitigen, wie sich aus den einzelnen Beobachtungsreihen ergab, in denen ein gröſserer oder geringerer Wechsel der Temperatur in Folge dieser äuſseren Einflüsse zum Vorschein kam. ... Würdigung der erhaltenen Resultate verdient noch bemerkt zu werden, daſs bei einigen der tieferen Thermometer ... bald nach dem Einsenken beobachtete Stand völlig unverändert blieb, z. B. bei dem im Georg Stollen in 140,7 Meter Tiefe befindlichen, bei einer Meereshöhe des Ortes von ... Meter, welches bloſs im October 1830 einen etwas höheren Stand von 9°,37 C. zeigte, nachher in den folgenden Monaten sich aber constant auf 9°,32 erhielt. Sehr zweckmäſsig waren an verschiedenen Puncten neben den in die Felsen eingesenkten Thermometern noch ein äuſseres, dem Einflusse der Luft ausgesetztes aufgehangen, um aus der Vergleichung beider die Gröſse der äuſseren Einflüsse auf das Hauptthermometer annähernd zu bestimmen.

Um aus den zahlreichen Beobachtungen die gesuchten Resultate zu erhalten, war zuerst erforderlich, die mit der Höhe über dem Meeresspiegel abnehmende Temperatur vermittelst der nahe unter der Oberfläche eingesenkten Thermometer auszumitteln. Heiſst demnach h die Höhe in Metern und d die

Temperaturdifferenz der einzelnen Stationen, so giebt $\frac{100 d}{h}$ die aus den Beobachtungen hervorgehende, für 100 Meter gehörige Verminderung der Temperatur. Reich combinirte von den neun Beobachtungspuncten je zwei, und da die hieraus erhaltenen 36 Combinationen einen desto gröfseren Werth haben, je gröfser der Höhenunterschied ist, so gab die Formel

$$\frac{\Sigma . h^2 \frac{100\,d}{h}}{\Sigma . h^2} = \frac{\Sigma . 100\,d\,h}{\Sigma . h^2}$$

den wahrscheinlich genauesten Werth von 0°,517 C. für 100 Meter Höhenzunahme oder 193,4 Meter Höhe für 1° C. Temperaturverminderung. Heifst dann die mittlere Temperatur der Erdkruste unter jener Breite a, die zu einem Meter Höhe gehörige Abnahme m, so ist die der gegebenen Höhe zugehörige Temperatur $t = a - m h$ und also nach dem gefundenen Werthe von $m = 0{,}00517$ ist $a = t + 0{,}00517\,h$. Die 9 Resultate der Beobachtungen, unter denen 9°,36 das Minimum und 10°,59 das Maximum ist, geben im Mittel die Temperatur des Bodens = 10°,22 C. Es möge des Zusammenhanges wegen hier auch erwähnt werden, dafs Reich diese gefundene Gröfse zugleich mit der Lufttemperatur der gegebenen Orte verglichen hat. An drei Orten wurde aufser den Messungen der Temperatur der Erdoberfläche auch die der Luft gemessen, woraus unzweideutig hervorging, dafs die erstere höher ist als die letztere. Zur Bestimmung der Lufttemperatur dienten Beobachtungen zu Dresden, Freiberg, Altenberg, Markus-Röhling Grube und Johanngeorgenstadt, aus deren Vergleichung mittelst Anwendung der angegebenen Formel hervorgeht, dafs für 100 Meter Höhendifferenz eine Verminderung der Temperatur von 0°,574 C. oder für eine Wärmeabnahme von 1° C. eine Höhenzunahme von 174,2 Meter gehören.

Soll die mit der Tiefe wachsende Temperatur aus den Messungen gefunden werden, und ist für dieselbe Grube die Höhe über der Meeresfläche der oberen Station H_1, der unteren H_2, die an diesen gemessene Temperatur in Centesimalgraden T_1 und T_2 und x die 100 Metern Tiefe zugehörige Temperaturzunahme, so ist

$$x = \frac{100(T_2 - T_1)}{H_1 - H_2}.$$

Inzwischen sind die aus den einzelnen Beobachtungsreihen erhaltenen mittleren Resultate nicht alle von gleichem Werthe, vielmehr wächst ihr Gewicht mit ihrer längeren Dauer und der Abwesenheit störender Einflüsse. Unmöglich kann jedoch das Gewicht eines erhaltenen Resultates der Dauer der Beobachtungszeit direct proportional gesetzt werden, aber es läfst sich kein triftiges Argument gegen die von Reich selbst nur als solche betrachtete willkürliche Bestimmung vorbringen, wenn er das Gewicht der vierten Wurzel der Zeitdauer proportional setzt. Die störenden Einflüsse lassen sich nicht füglich bestimmt, weder auffinden noch corrigiren, und es giebt daher die Differenz zwischen dem höchsten und niedrigsten Stande des in der Tiefe beobachteten Thermometers den einzigen Anhaltpunct, um auf solche störende Einwirkungen mit Wahrscheinlichkeit zu schliefsen. Da jedoch dieser Differenz ein zu grofser Werth beigelegt werden würde, wenn man sie ganz in Rechnung nehmen wollte, so setzt Reich ihren Einflufs der Quadratwurzel aus ihrer Gröfse umgekehrt proportional. Sind dann zwei tiefer gelegene Puncte zu vergleichen, so werden die Quadratwurzeln aus ihren Unterschieden summirt, für die oberen Puncte, bei denen die Unterschiede nicht für bedeutend gelten können, wird statt dessen der Unterschied der beobachteten und der berechneten Temperatur gewählt, und wenn die Temperatur der Oberfläche nicht beobachtet, sondern nur berechnet ist, so wird der für diese Bestimmung gefundene wahrscheinliche Fehler $= 0^\circ{,}112$ C. substituirt. Heifst dann der Werth eines Resultates P, die Zeitdauer der Beobachtungen in Monaten τ, die Höhe in Metern H_1 und H_2, die Differenz zwischen dem beobachteten Maximum und Minimum in Centesimalgraden für den oberen Punct D_1, für den unteren D_2, so ist

$$P = \frac{(H_1 - H_2)\sqrt[4]{\tau}}{\sqrt{D_1} + \sqrt{D_2}}.$$

Die sämmtlichen Resultate, hiernach berechnet, geben

$$\frac{\Sigma . P^2 x}{\Sigma . P^2} = 2^\circ{,}390 \text{ C.},$$

als Wärmezunahme für 100 Meter Tiefe, oder 41,84 Meter

= 128,89 Par. Fuſs Tiefe für 1° Cent. Wärmezunahme. I
ses Resultat kann in Folge störender Einflüsse zu groſs
zu gering seyn, worüber zwar nicht mit Sicherheit zu
scheiden ist, die Prüfung der obwaltenden Bedingungen f
jedoch zu der Vermuthung, daſs es eher zu gering al
groſs seyn dürfte, da die eine Erkaltung der tieferen F
herbeiführenden Ursachen in überwiegender Zahl und von
hältniſsmäſsig gröſserem Einflusse vorhanden sind.

12) Diese Untersuchungen sind hier theils wegen ihrer W
tigkeit, theils darum, weil die dabei befolgte Methode auch für
liche Fälle als Regel dienen kann, ausführlich mitgetheilt wo
Auſser dieser benutzte Reich noch eine andere zur Beant
tung der vorliegenden Frage dienende Gelegenheit, die
Aufhellung des schwierigen Problems von groſsem Werth
In einer Grube unweit Freiberg war vor etwas mehr als
Jahren Wasser erschroten, dieses aber durch Verspündung
sperrt worden, so daſs es einen Druck von 18 Atmosphären
übte, und da dennoch nur wenig Wasser durchdrang, so m
das eingeschlossene nothwendig die Temperatur des un
Gesteins angenommen haben. Auſserdem war die Wärme
selben bald nach der Absperrung gemessen worden, und e
gab sich dann nach einer Vergleichung des hierbei und bei
späteren Messungen gebrauchten Thermometers, daſs sich
Temperatur desselben im Verlauf von zwei Jahren nicht m
lich geändert hatte. Die Tiefe des Wasserbehälters unter
Erdoberfläche betrug 279,7 Meter, die Höhe der letz
über dem Meere 416 Meter, wofür eine mittlere Tempe
von 8°,07 C. berechnet wurde. Die Temperatur des W
war 16°,44 C., mithin der Unterschied 8°,37 C., welches
100 Meter 2°,99 C. Wärmezunahme oder für 1° C. 33,4
ter = 102,3 Fuſs giebt, letztere Gröſse beträchtlich kleiner
die oben gefundene.

13) Höchst interessante und wichtige Resultate haben
Messungen gegeben, welche Phillips[1] in einem neu a
legten Schachte zu Newcastle unter 54°55′ N. B. angestellt
In der Tiefe desselben konnte durch Arbeiter und Grubenli
noch keine höhere Wärme erzeugt worden seyn, viel

1 London and Edinb. Phil. Magaz. N. XXX. p. 446. Po
dorff XXXIV. 191.

nur der Zug der Wetter so stark, dafs selbst das in Menge aus den Kohlen aufsteigende Kohlenwasserstoffgas unschädlich wurde, von chemischen Zersetzungen zeigte sich keine Spur, und wenn die störenden Bedingungen einen Einflufs äufserten, so konnte dieser nur in einer Verminderung der Temperatur bestehen. Alle im Einzelnen angegebene Umstände führen jedoch zu dem Resultate, dafs die gemessene Temperatur bis auf einen unmerklichen Fehler genau diejenige der untersuchten Schichten war. Die ganze Tiefe des Schachtes beträgt 1584 engl. Fufs, die Oeffnung desselben liegt 87 Fufs über dem mittleren Spiegel des Meeres, mithin befindet sich die Kohlenschicht 1497 Fufs unter dem Niveau des Meeres. Phillips nimmt an, dafs die Temperatur in der oberen Schicht von 100 Fufs sich nicht ändere, und da die mittlere Temperatur jenes Ortes 47°,6 F. beträgt, am tiefsten Puncte aber 72°,6 gemessen wurden, so giebt dieses für 1484 Fufs 25° F. oder 59,35 Fufs Tiefe für 1° F. Wärmezunahme, welches sehr nahe 100 Par. Fufs für 1° C. beträgt. Da man aber gewöhnlich von der Oberfläche an zu messen pflegt, abgerechnet, dafs eigentlich die Temperatur des Bodens und nicht die mittlere *Temperatur* der Luft in Rechnung genommen werden müfste, so geben 1584 engl. Fufs Tiefe für 25° F. Temperaturunterschied 63,4 engl. Fufs Tiefe für 1° F. oder sehr nahe 107 Par. F. Tiefe für 1° C. Wärmezunahme.

14) Kupffer[1] untersuchte bei seiner Reise nach dem Ural in Gemeinschaft mit A. Erman die Temperatur in den Turjinskischen Kupfergruben unweit Bogoslowsk und fand in 112 Meter Tiefe 5° R. In den Frolow'schen Gruben, nicht weit von jenen entfernt, hatten die Grubenwasser, welche den tiefsten Theil erfüllten, zum Beweise, dafs dort lange nicht gearbeitet worden war, in 65 Meter 3°,2 R. Wärme, eine Quelle aber, welche in 56 Meter Tiefe hervorbrach, zeigte 2°,7 R. Wenn man, anstatt das Mittel aus beiden zu nehmen, die Summe der Tiefenunterschiede durch die Summe der Temperaturdifferenzen dividirt, so erhält man für 1° R. eine Zunahme der Tiefe von 24,4 Meter, also für 1° C. 19,52 Meter oder sehr nahe 60 Fufs.

1 Poggendorff Ann. XV. 170.

15) Zu den neuesten Resultaten gehört[1], dafs in e
Bohrloche, welches zu Paris für einen artesischen Bru
niedergesenkt wurde, mittelst eines Maximum-Thermon
am 20. Dec. 1835 in 248 Meter Tiefe 20°,0 C. und aL
Mai 1836 in 298 Meter Tiefe 22°,2 C. gemessen wu
Der Unterschied beider giebt für 1° C. Wärmezunahme
Vermehrung der Tiefe von 23 Meter, die letzte Beobac
allein aber, wenn 10°,6 als mittlere Temperatur der Erd
fläche zu Paris angenommen werden[2], giebt eine Tiefe
26 Meter. Die Wärme scheint daher mit der Tiefe zu w
sen, oder man müfste mit Arago annehmen, dafs die
des Bohrgestänges auf die Wärme des Bohrloches einen
flufs ausübe und dafs durch das stete Auf- und Niede
gen desselben der Bohrschlamm durch einander gemengt w
sonstige Fehler der Messung nicht gerechnet. Man m
doch berücksichtigen, dafs die oberen Erdschichten dur
eindringenden atmosphärischen Wasser bereits stärker
kühlt seyn konnten und daher nicht sofort eine Vermel
der Temperatur zeigten. In einem andern Bohrloche zu
mafs Walferdin[3] in 400 Meter Tiefe vermittelst eine
eingerichteten registrirenden Thermometers in wiederl
Versuchen im Mittel 23°,75 C., welches mit der mittleren
dentemperatur zu Paris verglichen 23°,75 — 10°,6 = 13
für 400 Meter oder mit der constanten unter der Stern
23°,75 — 11°,7 = 12°,05 für 372 Meter, also im ersten
30,42, im zweiten 30,87 Meter Tiefe für 1° C. giebt.
St. Ouen[4] unweit Paris zeigt eine aus 66 Meter Tiefe
springende Quelle 12°,9 C., welches mit der Temperat
den Kellern der Sternwarte 28 Meter tief vergliche
66 — 28 = 38 Meter Tiefe 12°,9 — 11°,834 = 1°,066 C.
oder 35,64 Meter = 109,8 Fufs für 1° C. Eine Reihe
Messungen in 15 Bohrlöchern unweit Lille, unter 50° 39
angestellt, kennen wir nur durch Poisson[5], welchem A

1 Poggendorff Ann. XXXVIII. 415.

2 Es werden auch 10°,81 angenommen. S. die unten mitge
Tabelle.

3 L'Institut 1837. N. 216. p. 206. Die Wärme unter der S
warte wird hierbei nur = 11°,7 angenommen.

4 Annuaire du Bureau des Long. 1835. p. 235.

5 Théorie mathem. de la Chaleur. Par. 1835. 4. p. 420.

Resultate ohne weitere Auskunft, wie sie gefunden wur-
n, mittheilte. Aus der Summe der sämmtlichen Werthe fin-
t Poisson mit Anwendung der Methode der kleinsten Qua-
ate 25,459 Meter oder 78,3 Par. Fuſs für 1° C.

16) Es scheint mir unnöthig, die nicht geringe Zahl der
itgetheilten Resultate noch zu vermehren, wie durch weite-
re Versuchen wohl geschehn könnte, obgleich von den bis
etzt bekannt gewordenen wichtigern wohl keins übergangen
seyn wird; dagegen liegt die wichtige Aufgabe vor, das Ge-
setz der mit der Tiefe wachsenden Temperatur aus den gege-
benen Messungen mit der erforderlichen Genauigkeit aufzufin-
den, um hieraus wenigstens annähernd zu folgern, in wel-
cher Tiefe unter der Erdoberfläche oder in welchem Ab-
stande vom Mittelpuncte der Erde noch gegenwärtig Glühhitze
herrscht. Verschiedene Gelehrte haben diese Frage bereits be-
rechnet, namentlich Cordier, Henwood und Andere, wie
schon oben erwähnt worden ist, indem sie einige der vorzügli-
chern Bestimmungen vereinten und daraus einen mittleren
Werth als annähernd genau aufsuchten. Man bediente sich
hierbei der Formel

$$T = t + \beta x,$$

worin T die Temperatur in der Tiefe, t die mittlere des Bodens
an dem jedesmaligen Orte, x die gegebene Tiefe in irgend
einem Längenmaſs und β den Coefficienten für die gebrauchte
Thermometerscale bezeichnet, welcher angiebt, um den wie-
vielsten Theil eines Grades die Temperatur für die Einheit des
gebrauchten Maſses, also 1 Fuſs oder 1 Meter u. s. w., mit der
Tiefe wächst, wobei Poisson als Bedingung annimmt, daſs
die Gröſse x mehr als 20 Meter betrage. Aus dem Werthe
von β läſst sich demnächst die Tiefe finden, in welcher die
Wärme um 1° der gebrauchten Thermometerscale wächst, wie
sich denn von selbst ergiebt, daſs man aus bekannten Wer-
then von t, β und x die der Tiefe zugehörige Temperatur
finden könne, umgekehrt aber kann auch durch bekannte Werthe
von T, β und x die Bodentemperatur t gefunden werden,
welches Mittel jedoch unsicherer ist, als andere, deren man
sich für diesen Zweck zu bedienen pflegt. Kupffer[1] macht

[1] Poggendorff Ann. XXXII. 285.

folgende Zusammenstellung. Es geben für 1° R. eine Zunahme der Tiefe:

seine eigenen Beobachtungen am Ural	24,8	Meter
die Beobachtungen in den Gruben von Cornwallis, Sachsen und Frankreich	26,9	—
die artesischen Brunnen Wiens	25,4	—
die artesischen Brunnen bei Rochelle	24,6	—
die artesischen Brunnen von Epinay	22,9	—
die Beobachtungen von Fox, Moyle und Barham in den Gruben bei Falmouth	30,2	—
andere Beobachtungen von Fox	28,0	—

Werden die ersten drei Werthe, deren Gewichte bekannt sind, jeder mit seinem Gewichte multiplicirt und dividirt man die Summe dieser Producte durch die Summe der Gewichte, so erhält man 25,37 Meter für 1° R.

17) Vorzüglich hat G. Bischof die Temperatur-Verhältnisse der Erde zum Gegenstande mehrjähriger Untersuchungen gemacht und demnach auch die Resultate der bisherigen Versuche über die Zunahme der Wärme im Innern der Erde zusammengestellt[1]. Vor allen Dingen macht er bemerklich, daſs die Configuration der Erdoberfläche bei diesen Messungen berücksichtigt werden müsse, wovon sogleich ausführlicher gehandelt werden soll. Hiernach muſs auf Bergen die Temperatur mit der Tiefe langsamer, in Ebenen und eingeschlossenen Thälern aber schneller zunehmen. Es dürfen daher die Resultate, welche Reich in dem eingeschlossenen Wasser im Erzgebirge und welche Phillips neuerdings zu Newcastle erhielt, wovon jenes 128,5 und dieses 125,4 Fuſs Tiefe für 1° R. giebt, als normale Bestimmungen für Berge, dagegen aber diejenigen, welche im artesischen Brunnen unweit Genf, im eingeschlossenen Wasser zu Cornwallis, in unterirdischen Quellen ebendaselbst und im Bohrloche zu Rüdersdorf erhalten wurden, nämlich 114,8; 111; 115 und 114 Fuſs für 1° R., als normale Bestimmungen für Ebenen oder eingeschlossene Thäler gelten[2]. Eine zweite Bedingung, welche bei dieser

1 Poggendorff Ann. XXXV. 209.

2 Es läſst sich hiergegen einwenden, daſs Newcastle in der Ebene und die Mündung des Schachtes nur 87 engl. Fuſs über dem Meeresspiegel liegt.

Aufgabe sehr beachtet zu werden verdient, ist die Tiefe der Erdkruste, von der Oberfläche an gerechnet, bis zu welcher die Wirkungen der äufseren Temperaturveränderungen eindringen, indem diese unter den verschiedenen Breitengraden sehr ungleich ist. Auch hierüber mufs weiter unten ausführlicher geredet werden.

18). Auch Poisson[1] hat in seiner mathematischen Theorie der Wärme die Temperaturerhöhung in der Tiefe zum Gegenstande der Untersuchung gemacht. Da die Thatsache einmal anerkannt ist, so müssen die Beobachtungen nach der Methode der kleinsten Quadrate vereint die Werthe t und β in der oben mitgetheilten Formel geben, und wenn diese einmal bestimmt sind, so können durch wiederholte Messungen an demselben Orte die jährlichen und auch die seculären Schwankungen dieser Temperatur ermittelt werden, eine interessante Aufgabe, deren Lösung der beharrliche Eifer der Physiker künftig vielleicht gewähren wird. Die Gröfse t, die man Bodentemperatur zu nennen pflegt, übertrifft die von den Luftströmungen hauptsächlich abhängende der Orte um eine Kleinigkeit. Zur Bestimmung der beiden Gröfsen benutzt Poisson die bereits beschriebenen Versuche von Marcet und de la Rive unweit Genf und erhält daraus t = 10°,14 und β = 0°,0307, welches dann eine Tiefe von 32,55 Meter (100,02 Fufs) für 1° C. giebt. Bei der Betrachtung des durch Arago gemachten Vorschlages, die Gröfsen t und β aus der Temperatur des Wassers artesischer Brunnen zu bestimmen, äufsert Poisson eine in Beziehung auf den Ursprung der *Quellen* überhaupt wichtige Hypothese. Man nimmt allgemein an, dafs das Wasser der artesischen Brunnen, an höher liegenden Orten von der Erde aufgenommen und in wasserdichten Lagen von Steinen oder Erde fortgeführt, nach Durchbohrung dieser Schichten in Folge hydrostatischer Gesetze ausfliefse[2]. Poisson findet diese Hypothese in vielen Fällen unwahrscheinlich und nimmt statt dessen an, es gebe unterirdische Wasserbehälter, deren Decke nicht absolut unbiegsam sey, sich vielmehr zusammenziehn und durch den somit erzeugten Druck

1 Théorie mathématique de la Chaleur. Par. 1835. 4. p. 415. Im Auszuge in Bibl. univ. 1835. T. LX. p. 279. 415.

2 Vergl. *Quellen, artesische.* Bd. VII. S. 1054.

das Wasser aufsteigen mache. POGGENDORFF[1] zeigt jedoc
Recht, dafs diese auch von andern Gelehrten, namer
neuerdings von MARCEL DE SERRES[2], geäufserte Hyp
mit der langen Dauer des Fliefsens solcher Brunnen un
im Wasser derselben gefundenen Thieren, Muscheln un
schen vegetabilischen Körpern durchaus unverträglich sey
kann als unübersteigliches Hindernifs noch ferner an
dafs so viele artesische Brunnen nicht überfliefsen, wel
sich stets bis zu einer gewissen Höhe erhalten, wie viel
ser auch durch Auspumpen weggenommen werden mag.
jeden Fall mufs aber das hinlänglich lange Zeit in den
ren Räumen mit den dortigen Schichten in Berührung g
dene Wasser die Temperatur der Umgebung angenomm
ben und diese auch beim Aufsteigen nicht merklich ä
POISSON benutzt dann zur Bestimmung des Werthes
die Temperatur eines artesischen Brunnens zu Saint-O
Paris, welcher aus einer Tiefe von 66 Meter springend 1
zeigt. Diese Wärme, mit der in den Kellern unter der
warte = 11°,834 verglichen, giebt für 38 Meter einen Unte
= 1°,066, also β = 0°,0281 und für 1° C. 35,65 Meter
Fufs). Die erwähnten 15 Brunnen bei Lille geben
gröfseren Tiefen höhere Temperaturen. Alle vereint und
der Methode der kleinsten Quadrate berechnet geben t = 1
und β = 0°,0393, wonach für 1° Temperaturzunahme
Meter (78,37 Fufs) Tiefe gehört. Die drei Werthe 0
für Lille, 0°,0307 für Genf und 0°,0281 für Paris w
bedeutend von einander ab, welches weder vom Unters
der geographischen Breite, noch von der Erhebung ü
Meeresfläche herrühren kann, sondern in der Ungleich
Terrains begründet seyn soll. Von dem Resultate der
sten Bohrung in Paris, die dem Plane nach bis zu ei
deutenden Tiefe fortgesetzt werden soll, hat ARAGO[3]
kurze Notiz mitgetheilt. Man ist jetzt bis zu 1230 Fu
kommen und hat in dieser Tiefe mit 4 Register-Ther
tern gemessen, die alle ein nur unmerklich von einand
weichendes Resultat gaben. Die Temperatur in dieser Ti

---

1 Annalen der Physik und Chemie. Th. XXXVIII. S. 60.
2 L'Institut. 1836. N. 91. p. 43.
3 Edinburgh New Philos. Journ. N. XLVII. p. 224.

= 23°,5 C., und wenn hiervon die mittlere Temperatur in ... = 10°,6 abgezogen wird, so bleiben 12°,9, wonach für 1° C. 95,4 Par. Fuſs gehören.

19) Bevor es räthlich ist, zu versuchen, aus den sämmtlichen mitgetheilten Messungen das Gesetz der mit der Tiefe zunehmenden Erdtemperatur zu entnehmen, oder nur zu versuchen, ob und wie weit sich ein solches daraus auffinden lasse, muſs nothwendig erst die über die Erdwärme im Allgemeinen zulässige Hypothese näher erörtert werden. Eine solche ist bereits aufgestellt worden [1], man könnte sie die *Büffon*'sche nennen, und sie hat neuerdings in LAPLACE und FOURIER so gewichtige Vertreter gefunden, daſs bei weitem die Mehrzahl der Physiker und Geologen zu ihr übergegangen ist. Hiernach war die Erde ursprünglich in einem feurig flüssigen Zustande, ist bloſs auf der Oberfläche durch Oxydation der metallischen Bestandtheile umgewandelt worden und erkaltet, die inneren, durch diese dicke Kruste geschützten Theile haben aber die Glühhitze beibehalten. Gegen diese, vorzüglich durch FOURIER weiter ausgeführte, mit den magnetischen Verhältnissen der Erde neuerdings in den innigsten Zusammenhang gebrachte Hypothese hat sich jüngstens POISSON [2] erklärt, und wenn ich gleich die von ihm gemachten Einwendungen ohne Mittheilung des Calcüls, wodurch er sie zu begründen sucht, nicht vollständig würdigen, was jedoch hier zu viel Raum erfordern würde, so darf doch die neue, von ihm aufgestellte Theorie nicht ganz übergangen werden. Es scheint mir, als ob es überhaupt noch zu früh, wenn nicht wegen der Unmöglichkeit eines zu hoffenden Resultates ganz unnütz, auf das vorliegende Problem auf solche Weise den Calcül anzuwenden, als dieses durch FOURIER und POISSON geschehn ist, indem beide das Verhältniſs der statt gefundenen Abkühlung und der hierzu gegebenen Zeit nach den Gesetzen der Wärmeleitung auf die Erde anwenden, ohne daſs vorher ausgemacht worden ist, ob die groſse Masse des auf der Erdoberfläche befindlichen Wassers ursprünglich vorhanden war und was

---

1 S. Art. *Erde*. Bd. III. S. 988. Vergl. *Geologie*. Bd. IV. S. 1245.

2 Théorie mathématique de la Chaleur. p. 421. Vergl. den nachfolgenden Art. und darin POISSON's Theorie.

für Veränderungen im entgegengesetzten Falle dessen I. kommen hervorrufen mufste; ja es ist selbst noch nicht mal hinlänglich erwiesen, ob die Erde eine stete, auch in Jahrhunderten kaum merkliche Verminderung ursprünglichen gröfseren Wärme dadurch erleidet, dafs s. Weltraume oder andern Himmelskörpern abgiebt, od die Menge ihres eigenthümlichen Wärmestoffes, min in der jetzigen Periode des Gleichgewichts, unveränderlic selbe bleibt. Da es unmöglich ist, die Entscheidung Probleme aus der Erfahrung zu entnehmen, so mufs lange anstehn, bis die Theorie der Wärme vollständig be worden seyn wird, um hieraus die Beantwortung dieser Fr entnehmen[1]. Wollte man mit Fourier[2] annehmen, die fläche der Erde habe sich allmälig abgekühlt, so müfst Poisson durch Jahrhunderte von einander entfernte Me ausgemittelt worden seyn, welcher Temperaturuntersc Bodentemperatur und der mittleren Lufttemperatur an ei gebenen Orte früher statt gefunden habe, um hier Gröfse der Abkühlung in einer gegebenen Zeit, oder c welche seit dem Zustande der Glühhitze bis zur He rung der gegenwärtig bestehenden Verhältnisse verflos durch Rechnung zu bestimmen, und dennoch sey auc noch nicht ausgemittelt, ob das hiernach aufgefundene auch auf andere Orte Anwendung leide, weil das W tungsvermögen der verschiedenen Fossilien hierfür ne neswegs gehörig bestimmt ist. Nähme die Wärme für ter Tiefe um 1° C. zu, so würde 0,01 vom Erdha tief die Wärme schon 2000° C. übersteigen, obglei nicht wissen kann, ob die Wärme im einfachen arithm Verhältnisse oder in einem zusammengesetzten wächst ches ebensowohl gröfser als auch kleiner seyn könnte. aber nur eine solche Zunahme der Temperatur statt, bisherigen Messungen sie angeben, so würde die I Centrum 200000° C. übersteigen, was einen gasförmig stand der daselbst befindlichen Substanzen voraussetzt unwahrscheinlich macht, dafs die Erdkruste so stark sion ausüben könnte, um jene inneren Substanzen

1 Vergl. unten Veränderungen der Temperatur.
2 Ann. Chim. et Phys. T. XIII. p. 425.

...flichen Dichtigkeit des Wassers zusammenzudrücken. Die
...roidische Gestalt und Abplattung der Planeten läfst jedoch
...einen ursprünglichen flüssigen Zustand schliefsen, aus wel-
...m, vielleicht auch einem gasförmigen, die Erde nicht an-
...m, als durch Abgeben eines Theils ihrer Wärme an ihre
...Umgebung in den festen übergehn konnte. Poisson
...aber der herrschenden Ansicht entgegen nicht wahr-
...lich, dafs das Festwerden von aufsen angefangen habe
...nach innen fortgeschritten sey, vielmehr mufsten sich die
...Theile herabsenken, erhitztere dagegen erheben, wo-
...eine gleichmäfsige Wärme der ganzen Masse erzeugt
... Weiter aber mufsten die innersten Theile durch den
...Druck zuerst fest werden. Denkt man sich eine
...säule von der Höhe des Erdhalbmessers und das Ge-
...derselben der Hälfte desjenigen gleich, welches sie auf
...Erdoberfläche hätte, so würde der ausgeübte Druck dersel-
...mehr als 30 Millionen Atmosphären betragen, und wenn
...Atmosphären sein Volumen um $\frac{1}{20}$ vermindern, so würde
...eine 30000mal so starke Compression erzeugt wer-
...hieraus selbst bei einer hohen Temperatur ein Ue-
...in den Zustand der Festigkeit folgen. Man darf da-
...meint Poisson, folgerechter annehmen, dafs das Fest-
...vom Centrum angefangen habe und von hier an nach
...fortgeschritten sey. Die Erde könne also durch fort-
...Erkaltung bereits alle ihre überschüssige Wärme ver-
...haben und die mit der Tiefe zunehmende aus einer an-
...Quelle abzuleiten seyn.

...scheint mir Poisson, welcher übrigens nicht unbe-
...läfst, dafs man bei allen Hypothesen, die sich weder
...directe Erfahrung noch durch den Calcül begründen las-
...höchst vorsichtig seyn müsse, etwas zu leicht über die
...der Wahrscheinlichkeit hinweggegangen zu seyn; denn
...nommen, dafs die Festwerdung der Erde durch den enor-
...Druck von innen angefangen habe, so konnte doch da-
...unmöglich eine plötzliche Erstarrung und ein Uebergang
...trigen Temperatur der Oberfläche verbunden seyn. Es
...sich dann allerdings die Unmöglichkeit einer bereits er-
...gänzlichen Erstarrung nicht vollständig beweisen, da die-
...doch auf jeden Fall von aufsen anfangen und allmälig bis
...Centrum fortschreiten mufste, weil die vorhandene Wärme nur

nach aufsen abgegeben werden konnte, so wäre zur völlig
Entfernung aller überschüssigen Wärme nach den bekannt
namentlich durch Newton und Fourier erwiesenen Gesetz
der Wärmeleitung eine so übermäfsig grofse Zahl von Jahr
erforderlich, dafs man sich gleichsam Gewalt anthun müßs
um diese wahrscheinlich zu finden, während auf jeden F
der Rest der ursprünglichen Wärme nach dem Centrum h
gröfser bleiben mufste. Poisson nimmt statt dessen eine dur
die Wärme der Sterne, namentlich der sonnenähnlichen Fi
sterne, erzeugte Wärme des Raumes an, welcher durch d
unermefsliche Zahl dieser Weltkörper in der Art ganz um
schlossen ist, dafs jede von einem willkürlichen Punkte de
Erde gezogene gerade Linie verlängert auf einen derselben
treffen mufs. Da aber die Wärme dieser Sterne verschieden
ist, so mufs auch ein ungleicher Einflufs auf die Erde statt
finden, jenachdem sie bei der Bewegung des Sonnensystems
im Raume dem einen oder dem anderen heifseren oder kälte-
ren Fixsternsysteme näher kommt; und sie nimmt hiernach
von aufsen nach innen an Temperatur zu oder ab, jenach-
dem das Eine oder das Andere statt findet, ohne dafs jedoch
eine solche Erwärmung bis zum Centrum zu dringen vermag.
Nach diesen Wechseln, die während einer Zeitdauer von Mil-
lionen Jahren statt finden können, mufs also die Erde früher
an einem heifseren Orte des Weltraumes sich befunden, die
Wärme bis zu einer gewissen Tiefe angenommen haben, und
sie ist gegenwärtig im Zustande eines allmäligen, nach Jahr-
hunderten erst merkbaren Verlustes der früher aufgenommenen
Wärme.

20) Es ist zwar unmöglich, diese Hypothese auf di
Weise genügend zu widerlegen, weil dieses ganz aufser d
Bereiche der Versuche liegt und selbst mehrere Tausende v
Jahren umfassende Beobachtungen hierzu ungenügend seyn w
den; sie wird aber dennoch weder bei Physikern noch
weniger bei Geologen Beifall finden, da die Lösung des Pr
blems einer einmaligen Erstarrung des Erdkörpers schon
Schwierigkeiten genug darbietet und man sich nicht ge
fühlen kann, einen unbestimmbar vielfachen Wechsel
Schmelzung und Abkühlung anzunehmen. Wie bereits
sagt, mag man sich von der Art der Erkaltung der Erde e
Vorstellung machen, wie man immer wolle, den ursprüngli

rig flüssigen Zustand einmal zugegeben, so mufste diese thwendig von aufsen anfangend nach innen fortschreiten, d es ist dann ungleich einfacher, anzunehmen, dafs gegenrtig noch ein Rest der früheren innern Wärme vorhanden n, als dafs nach gänzlicher Erstarrung der durchaus willkührlich, durch keine Erfahrung begründete siderische Einflufs ne neue Erhitzung bewirkt habe, deren Folgen in der Zunahme der Temperatur beim tieferen Eindringen in die äufsere Kruste noch gegenwärtig wahrgenommen werde. Wenn die letztere Ansicht gar keine Analogie beizubringen ist, findet die erstere eine gewichtige Unterstützung in den älteren volcanischen Ueberresten, die vor Jahrtausenden als flüssige Massen aus dem Innern emporgetrieben wurden allmälig an der Oberfläche, vielleicht mit dieser gleichzeitig, erkalteten. Poisson's Haupteinwurf gegen diese Ansicht beruht auf der Unmöglichkeit, dafs der Druck der Erdmasse die im Zustande der Dampfform befindlichen innersten Theile des Erdballs zusammenzuhalten vermögen sollte, wenn die Wärme in dem durch Erfahrung aufgefundenen einfachen Verhältnisse bis zum Centrum zunähme, allein dieses ist gar nicht erwiesen, im Gegentheil sogar unwahrscheinlich, wo nicht unmöglich, indem vielmehr uranfänglich, falls ein solcher Zustand statt gefunden hätte, die elastischen Dämpfe nach Poisson's eigener Ansicht nach der Oberfläche aufsteigen und dort so weit erkalten mufsten, bis der zur Erzeugung der sphäroidischen Gestalt nothwendige, nicht etwa bis zur leichten Flüssigkeit oder gar zur Gasbildung reichende, wohl aber die Abänderung gestattende feurig flüssige Zustand eingetreten. Die Hypothese eines in gröfseren Tiefen noch gegenwärtig statt findenden feurig flüssigen Zustandes findet in den älteren und neueren volcanischen Phänomenen eine gewichtige Unterstützung; auch läfst sich eine zweite von Cordier aufgestellte Hypothese, wonach die bereits abgekühlte Kruste an verschiedenen Orten der Erde eine ungleiche Dicke haben soll, durch bedeutende Argumente unterstützen, woran eine dritte, bereits[1] ausgesprochene, sehr folgerecht reiht sich, dafs die vielleicht verminderte, auf jeden Fall gleichbleibende Höhe des Meeresspiegels aus dem langsam und sehr

---

[1] S. Art. Meer. Bd. VI. S. 1609.

allmälig tiefer in die Erdkruste eindringenden Meerwa
geleitet werden könne.

21) Bei diesen Schlüssen entfernt man sich an
nicht weit von den auf Erfahrung gestützten Folgerung
aber augenblicklich geschieht, wenn man die Ursache
eigenthümliche Art und die Zeitdauer des Ueberganges
früheren Zustande größerer Hitze in den gegenwärtig
gleichbleibenden Temperatur näher zu bestimmen
weil uns die Gesetze des Verhaltens der Wärme bei
die unter dem Einflusse der Erde und ihrer Atmosphä
noch allzuwenig bekannt sind, geschweige daß
bei der im freien Himmelsraume schwebenden Erde
sollten. Die Bemühungen, über diese Probleme zu
Einsicht zu gelangen oder gar die Entstehungsweise
dung der Erdkruste auszumitteln, sind zwar sehr
zur Unterhaltung des Geistes, welcher da am begierig
Aufklärung sucht, wo die Dunkelheit am stärksten
kann nicht im voraus bestimmt werden, ob vielle
sinnreiche Combination uns der Wahrheit etwas
allein man darf dabei nicht vergessen, wie viel leichte
Dutzende von Hypothesen aufzustellen, als nur eine
Thatsache völlig genau zu ermitteln. Unter die sch
Bemühungen der Gelehrten in dieser Beziehung geh
nigen, wodurch man die Gesetze und die Zeit der Ab
des ursprünglich glühenden Erdballs zu bestimmen
die dann im weiteren Verfolge auch auf die Beantw
ner andern Frage führen, nämlich ob noch gegenw
fortdauernde Abkühlung statt findet, wovon weiter
Rede seyn wird. Mit Uebergehung minder wichtig
che dieser Art verdienen vorzugsweise die Resultate
zu werden, welche Fourier[1] auf die Grundlage eine
lehrten Calcüls gebaut hat. Die Erdkruste, welche
me abgiebt, ist von der inneren Seite durch eine in G
befindliche feste Masse begrenzt, von außen aber be
sich in einem unmeßbar großen Raume, dessen Te
$-52°$ C. beträgt. Es muß daher bestimmt werden,
chem Gesetze eine massive Kugel, die auf irgend ein

1 Théorie analytique de la Chaleur. Paris 1822. 4.
Vergl. Ann. Ch. et Phys. T. XIII. p. 418. T. XXVII

se sehr hohe Temperatur angenommen hat, diese erhaltene Wärme in einem Raume von constanter niedriger Temperatur verliert. Als Resultat geht dann hervor, dafs die Wärme, welche während eines Jahrhunderts von innen her die Fläche von einem Quadratmeter durchdringt und sich im Raume verbreitet, eine Eissäule von gleicher Basis und nahe drei Meter Höhe schmelzen würde. Anfangs mufste die Oberfläche schnell erkalten, gegenwärtig aber, da die Oberfläche diejenige Temperatur kaum um 0°,034 C. übertrifft, die sie unter den obwaltenden Bedingungen annehmen kann, schreitet die Abnahme der Wärme so langsam vor, dafs mehr als 30000 Jahre erfordert werden, bis jener Ueberschufs auf die Hälfte herabgebracht wird, weswegen die Erde seit der Zeit der Alexandrinischen Schule nur um 0°,03 C. kälter geworden seyn kann[1].

2) Nach Feststellung dieser allgemeinen Bestimmungen muss untersucht werden, welche Resultate durch die bisherigen Beobachtungen und Versuche rücksichtlich der Temperatur des Erdkörpers gewonnen worden sind. Vor allen Dingen findet Kupffer[2] mit Recht auffallend, dafs bei den im Auslande angestellten Messungen die Neigung des Bodens nirgends berücksichtigt worden ist, welche nothwendig auf die Resultate einen wesentlichen Einflufs haben mufs. Diese Bedingung ist oben schon angegeben worden[3], seitdem hat G. Bischof[4] die Aufgabe genauer aufgefafst und nach richtiger Ansicht der Sache gefolgert, dafs, wenn AB die Oberfläche der Erde, γ den Gipfel eines Berges bezeichnen, und die mit der Tiefe zunehmende Temperatur so angenommen wird, wie sie in der Zeichnung ausgedrückt ist, die Temperatur von β nach β' und stets um so viel höher über diesen Punct hinaufrücken müsse, je weniger steil der Berg ist. Auf steilen Bergen mufs demnach die Wärme mit der Tiefe weniger zunehmen, als in Thälern und Ebenen. Ein Umstand scheint mir hierbei hauptsächlich Berücksichtigung zu verdienen. Nach einer höchst wahrscheinlichen Hypothese sind alle Berge ursprünglich von innen her-

Fig. 35.

---

1 Eine weitere Untersuchung über fortdauernde Erkaltung der Erde findet sich unten im 4ten Abschn. Veränderungen der Temperatur.

2 Annalen d. Physik u. Chemie. XXXVIII. 600.

3 S. Art. *Erde*. Bd. III. S. 982.

4 Poggendorff Ann. XXXV. 210.

auf zu einer Zeit gehoben worden, als die Erde noch im feurig flüssigen oder mindestens weichen Zustande war, diejenigen nicht gerechnet, welche aus überfliefsenden oder ausgeworfenen vulcanischen Massen aufgehäuft wurden. Die Abkühlung erfolgte demnächst von aufsen, und wenn dann z. B. die Linie $\beta'\gamma' = \beta'\gamma$ war, also der Böschungswinkel des Berges 45° betrug, so mufste der Punct β' von den Puncten γ und γ' aus eine den beiderseitigen Temperaturen proportionale Abkühlung erleiden, also eine gröfsere, als wenn man bei der Messung vom Puncte γ allein ausgeht, wobei jedoch die Vergröfserung dieser Abkühlung um so geringer seyn wird, je kleiner die Entfernung $\gamma\beta'$ gegen $\gamma'\beta'$ wird, bis sie für einen unendlich grofsen Werth der letzteren verschwindet. Im Ganzen genommen weichen die Resultate der Messungen, wenn man von der Bodentemperatur des Anfangspunctes in γ ausgeht und die mit der Tiefe wachsende Wärmezunahme aufsucht, nicht bedeutend von einander ab, vorausgesetzt dafs die vielfachen, genaue Bestimmungen höchst erschwerenden Einflüsse gehörig gewürdigt werden. Aus diesem Umstande, verbunden mit der in nicht bedeutender Tiefe unter der Oberfläche anfangenden Wärmezunahme, dürfte man allerdings auf ein nicht viele Jahrtausende umfassendes Alter der bestehenden Berge zu schliefsen berechtigt seyn.

23) Ein zweiter, bei den Messungen dieser Art sehr zu berücksichtigender Umstand, welcher bei den in den preufsischen Bergwerken veranstalteten mit Grunde zur Erörterung gebracht worden ist[1], liegt in dem Abstande zweier in ungleicher Tiefe beobachteter Thermometer von einander und ihrem verschiedenen Abstande von der Oberfläche. Sind diese Thermometer in einer lothrechten Linie über einander angebracht, dann kommt blofs ihr lothrechter Abstand und die Tiefe des oberen unter der Oberfläche in Betrachtung; befänden sich aber die Thermometer z. B. in F und G oder in C und D, so mufs berücksichtigt werden, dafs G wärmer als D und C kälter als F seyn mufs. Fig. 36.

24) Fragen wir nun nach den Resultaten, welche durch die bisherigen Messungen der mit der Tiefe wachsenden Temperatur gewonnen worden sind, so lassen sie sich im Wesentlichen

1 Poggendorff Ann. XXII. 522.

folgende zurückbringen. Zuerst ist man ganz allgemein
ber einverstanden, dafs die Temperatur der Erde mit der
fe zunehme und unter Voraussetzung einer fortwährenden
nahme mindestens den Schmelzpunct des Eisens erreiche;
ch wird nicht bezweifelt, wenn wir Poisson und die ge-
sehr geringe Zahl seiner Anhänger ausnehmen, dafs diese
re Wärme das Residuum derjenigen ursprünglichen sey,
he nach der Bildung des Erdballs und vor der Entstehung
r jetzigen Kruste den Flüssigkeitszustand desselben be-
. Handelt es sich aber um die Auffindung des genauen
ses dieser Zunahme, so sind hierzu die bis jetzt bekannt
rdenen, wenn gleich höchst schätzbaren, Messungen noch
eswegs zureichend. Zuerst machen die ungleichen Tem-
uren der äufseren Erdkruste an mehreren Orten unter glei-
n Breiten, aber ungleichen Längen, namentlich der nördli-
n Halbkugel, es im höchsten Grade wahrscheinlich, dafs
starrte Erdkruste nicht überall von gleicher Dicke ist;
daher auch nicht überall gleichmäfsig abgekühlt seyn
demnach an den verschiedenen Orten ungleiche Ge-
r mit der Tiefe wachsenden Temperatur zeigen. Um
n dieser Beziehung vorhandenen Unterschiede aufzufin-
chen jedoch die bei weitem der Mehrzahl nach in Eu-
pa, nur einzeln in America, Indien und Sibirien angestell-
Messungen keineswegs aus. Will man aber aus diesen
liche Gesetz für den jedesmaligen gegebenen Ort ent-
keln, so sind sie auch in dieser Beziehung von sehr un-
hen Werthe und führen ebendaher zu sehr verschiedenen
taten, unter denen die sichersten zwar für den bestimm-
t auf hinlängliche Genauigkeit Ansprüche haben, die
ge im Allgemeinen aber aus den angegebenen Gründen kei-
gs genügend beantworten. Wegen der für unser Werk
derlichen Vollständigkeit stelle ich die bisherigen Resul-
n folgender Tabelle übersichtlich zusammen[1].

1. Aeltere Messungen und solche, welche hauptsächlich
stellt wurden, um die Wahrheit einer mit der Tiefe

---

1 Die Angaben der Längen, Breiten und Meereshöhen sind nur
näherten Werthen und von mehreren Resultaten ist das arithme-
Mittel genommen.

zunehmenden Wärme darzuthun, die aber zur Auffindung des Gesetzes dieser Zunahme ungenügend sind.

Orte	Nördl. Breite	Länge v. G.	Höhe in P. F.	Erreichte Tiefe	Tiefe für 1° C.	Beobachter
Bex	46°	8° O.	1378	677	128	de Saussure
Freiberg. . .	51	13 O.	1230	1015	115	d'Aubuisson
Freiberg. .	51	13 O.	1230	1348	120	v. Trebra
Béfort . .	48	7 O.	—	1332	215	Gensanne
Cornwallis	50,5	5 W.	—	1126	108	Th. Lean
Cornwallis	50,5	5 W.	—	1400	36	Fox
Cornwallis	50,5	5 W.	—	1080	100	Fox
Pestarena .	45,8	7 O.	6000	2160	179	Fantonetti
Pestarena .	45,8	7 O.	6000	2160	337	Fantonetti
Neuspanien	—	—	—	582	45	v. Humboldt
Villalpando	—	—	—	412	59	v. Humboldt
Carmaux .	44	2,5 O.	768	560	108	Cordier
Decise . .	47	3,5 O.	460	526	61	Cordier
Littry . . .	49	0,5 W.	184	301	46	Cordier
Dieuze . .	49	7 O.	619	330	110	Levallois
Nordengland	55	2 W.	95	1100	74	Bald
Durham . .	55	2 W.	—	—	80	Bald
Guennap .	50,5	5 W.	—	—	30	Fox
Huel-Vor	50,5	5 W.	—	—	75	Fox
Poldice . .	50,5	5 W.	—	—	16	Fox
Leadhills .	56	3,5 W.	—	—	190	Irving
Leadhills .	56	3,5 W.	—	—	106	— —
Cornwallis	50,5	5 W.	—	1250	132	Henwood
Bogoslawsk	60	42,5 O.	615	200	60	Kupffer

2. Messungen aus der Wärme des Wassers fliessender artesischer Brunnen, die nicht entscheidend seyn können, weil sich der Einfluſs der Temperatur höherer und tieferer Erdschichten auf das Wasser dieser Quellen nicht ausmitteln läſst.

Orte	Nördl. Breite	Länge v. G.	Höhe in P. F.	Erreichte Tiefe	Tiefe für 1° C.	Beobachter
London . .	51°,5	0	162	140	70	— —
Indien . .	27	77 O.	—	140	54	Tremenheere
Rüdersdorf	52,5	13,5 O.	200	630	72	Erman
Rüdersdorf	52,5	13,5 O.	200	655	80	Magnus
Rüdersdorf	52,5	13,5 O.	200	880	68	Schmidt
Epinay	50,5	2,5 O.	—	206	56	Héricart de Thury
Rochelle	46	1 W.	—	379	61	Héricart de Thury
Wien . . .	48	16,5 O.	450	230	66	V. Jacquin
Paris . . .	49	2,5 O.	116	917	80	Arago
Paris . . .	49	2,5 O.	116	532	92	Walferdin
Paris . . .	49	2,5 O.	116	1230	95	Arago
St. Ouen . .	49	2,5 O.	116	203	109	Arago
Lille . . .	50,5	3 O.	—	308	78	Arago
Upsala . .	60	17,5 O.	—	—	45	Wahlenberg[1]
Edinburg . .	56	3 W.	344	—	68	Ungenannter[2]

3. Messungen, welche wegen vorzüglicher Genauigkeit und günstiger Umstände wahrscheinlich sichere Resultate geben, namentlich in frischen Bohrlöchern angestellte.

Orte	Nördl. Breite	Länge v. G.	Höhe in P. F.	Erreichte Tiefe	Tiefe für 1° C.	Beobachter
Genf . . .	46°	6° O.	1447	680	98	De la Rive u. Marcet
Erzgebirge	51	13,5 O.	2078	430	128	Reich
Erzgebirge	51	13,5 O.	1280	861	102	Reich
Newcastle	55	2 W.	81	1486	100	Phillips

Aus der Uebersicht dieser Tabellen ergiebt sich kein Einfluſs der Breite oder der Länge auf das Gesetz der Wärmezunahme, auch übersieht man bald, daſs sie zur Auffindung eines solchen keineswegs von hinlänglichem Umfange sind. Der mittlere Werth der ersten Abtheilung ist 105 Par. Fuſs Tiefe für 1° C., der zweiten 74 und der dritten 107. Hieraus folgt wohl, daſs das Wasser artesischer Brunnen und das in

1 Die Bestimmung findet Kupffer aus der jährlichen Aenderung der Quellentemperatur. S. Poggendorff Ann. XXXII. 279.

2 S. Kupffer ebend. S. 279. Vergl. Art. *Quellen*. S. 1083.

grofsen Tiefen befindliche die Temperatur leicht zu hoch angiebt, ohne Zweifel weil es aus gröfseren Tiefen heraufkommt. Nehmen wir die drei genauesten Messungen der dritten Tabelle, so geben diese als arithmetisches Mittel gerade 100 Fufs Tiefe für 1° C. Wärmezunahme, und wenn man die ungleichen Höhen über der Meeresfläche dieser drei Puncte berücksichtigt, so ergiebt sich, dafs die Curven gleicher Temperatur im Innern der Erdkruste[1] keineswegs mit dem Meeresspiegel parallel laufen, sondern sich nach der Form der Berge krümmen, und dieses um so mehr, je gröfser die Bergmassen sind. Endlich konnten bei allen diesen drei Messungen die äufseren Einflüsse, namentlich die herabsinkende kältere Luft, nur abkühlend wirken, und die Bestimmung von 100 Par. Fufs für 1° C. ist daher eher zu grofs, als zu gering, die sehr grofse, aus den Gesetzen der Abkühlung erhitzter Körper folgende Wahrscheinlichkeit nicht gerechnet, dafs die Wärmezunahme mit der Tiefe in einem stärkeren, als dem einfachen arithmetischen Verhältnisse wächst, und man wird daher gewifs nicht zu viel thun, wenn man jene Gröfse für die Anwendung beibehält. Setzt man nun nach den neuesten Versuchen von Pouillet die vollkommene Weifsglühhitze und den Schmelzpunct des Eisens hoch auf 1600° C., so würde diese in einer Tiefe von 160000 Fufs oder in 7,005, wir können dreist annehmen in 7 geographischen Meilen statt finden, welche nicht mehr als $\frac{1}{122}$ des Erdhalbmessers beträgt. Ob jedoch in dieser Tiefe eine solche Hitze wirklich statt finde und diese dann in gleicher Progression zunehme, ist nach dem Vorhergehenden keineswegs ausgemacht, Letzteres auf jeden Fall sehr unwahrscheinlich, wo nicht unmöglich.

B. Temperatur der Erdkruste.

25) Eigentlich ist die Untersuchung der Temperatur der Erdkruste in dem eben beendigten Abschnitte enthalten, sofern alle Beobachtungen und Messungen sich nur bis auf eine, im Verhältnifs zum Halbmesser, geringe Tiefe erstrecken. Der Zweck der angestellten Untersuchungen bezog sich aber vor-

1 G. Bischof nennt diese Linien *Chthonisothermen*.

zugsweise darauf, aus den aufgefundenen Thatsachen das Gesetz der mit der Tiefe zunehmenden Temperatur aufzufinden und hiervon auf die Wärme des eigentlichen Erdkerns zu schliefsen, wenn es auch vor der Hand noch unmöglich ist, hierüber zur völligen Gewifsheit zu gelangen. Offenbar aber hat man einen hiervon verschiedenen Zweck vor Augen, wenn man, unbekümmert um die mit der Tiefe wachsende Wärme, blofs die Temperatur der oberen Erdkruste, namentlich im Verhältnifs zu der sie berührenden Luftschicht, untersucht, was man zuweilen auch *Bodentemperatur* zu nennen pflegt. Wird diese Aufgabe in ihrer Allgemeinheit aufgefafst, so zeigt die äufsere Erdkruste eine sehr ungleiche Beschaffenheit; bald ist es flacher Boden, bald aufsteigendes Gebirge, oft mufs die Temperatur aus den Quellen entnommen werden, Seeen bilden einen grofsen Theil der Oberfläche, einen noch weit gröfseren bedecken die Meere. Alle diese Einzelheiten erzeugen verschiedene Modificationen und müssen abgesondert betrachtet werden, wenn man unangenehme, eine deutliche Uebersicht hindernde, Verwirrungen vermeiden will. Wir wollen daher das Zusammengehörige, unter gewissen Hauptabtheilungen vereint, für sich besonders untersuchen.

a. Temperatur des Meeres.

26) Hierüber ist bereits[1] ausführlich gehandelt worden, auch bedarf diese Untersuchung keiner Nachträge. Im Allgemeinen nimmt zwar das Meer an der Temperatur der ganzen Erde Theil, insofern die Wärme desselben unter dem Aequator am höchsten ist und nach den Polen hin abnimmt, sie wird jedoch durch die Beweglichkeit des Wassers und die durch vielfache Ursachen erzeugten Strömungen ausnehmend modificirt, wie aus den beigebrachten Thatsachen zur Gnüge hervorgeht.

b. Temperatur der Seeen.

27) Die vorzüglichsten Thatsachen über diesen Gegenstand sind bereits angegeben worden[2], es müssen hier jedoch die ein-

1 Art. *Meer*. Bd. VI. S. 1656. Vergl. im folgenden Art. Temperatur des Meeres.

2 Art. *See*. Bd. VIII. S. 741.

zelnen Messungen nachgeholt werden, worauf die dort ausgesprochenen Resultate sich gründen. De Saussure[1] stellte seine erwähnten Messungen im Jahre 1779 an und fand namentlich beim Genfersee in 900 Fuſs Tiefe 5°,3 C. De la Beche[2] hat die Resultate einer groſsen Reihe schätzbarer Messungen mitgetheilt. Beim Genfersee fand er in 6 Fuſs Tiefe 15°,6, in 60 Fuſs 13°,2, in 90 Fuſs 10°,9, in 120 Fuſs 7°,9, in 150 Fuſs 7°,1, in 180 Fuſs 5°,8, in 240 Fuſs 5°,1, und diese Temperatur blieb constant bis zu 906 Fuſs Tiefe, so daſs also dieses Resultat mit dem durch De Saussure gefundenen sehr genau übereinstimmt. Beim Thunersee fand de la Beche an der Oberfläche 15°,5, in 84 Fuſs Tiefe 5°,5 und in 588 Fuſs Tiefe 5°,2; der Zugersee zeigte an der Oberfläche 15°, in 216 Fuſs Tiefe 5° C. Auch v. Humboldt maſs beim Bartholomäussee in Berchtesgaden die Temperatur der Luft und fand diese am Gestade 17°,7, über der Wasserfläche in der Mitte des Sees 16°, in 2 Fuſs Tiefe 7°,7, in 42 Fuſs 6°,2, in 60 Fuſs 5° und in 84 Fuſs Tiefe an einer andern Stelle 5°,6. Nach den Messungen von Barlocci hatte der Lago Sabbatino bei Rom in einer Tiefe von 490 Fuſs nur 6°,9 C. Wärme, während das Wasser an der Oberfläche 25° C. zeigte; auch fand Jardine in mehreren schottischen Seeen die Temperatur in 110 Fuſs Tiefe das ganze Jahr hindurch unverändert[3]. Die neuesten Messungen sind von Becquerel und Breschet mit einem Peltier'schen thermoelektrischen Apparate im Genfersee angestellt worden[4]. Von dem Felsen des Chateau-Chillon senkten sie den Apparat herab und erhielten auf der Oberfläche 19°,8 C., in 20 Meter Tiefe 12°,3, in 40 Meter 9°, in 80 Meter 6°,5, und diese Temperatur blieb constant bis zur gröſsten erreichten Tiefe von 104 Meter. Diesemnach darf man die angegebene mittlere Temperatur in gröſseren Tiefen dieser Seeen von 5° C. als die richtige betrachten und findet auch leicht den Grund, warum diese Temperatur die des Wassers im Puncte seiner gröſsten Dichtigkeit, nämlich 3°,78 um eine Kleinigkeit übertrifft, denn unter diesen Normal-

1 Voyages §. 1351 u. 1391. G. III. 201.

2 Bibl. univ. T. XII. p. 123. T. XIV. p. 144.

3 Ure Handwörterbuch der prakt. Chemie. Weim. 1825. S. 364.

4 Compte rendu de l'Acad. des Sc. 26. Dec. 1836. Bibliothèque univ. 1837. Janv. p. 173.

punct kann die Temperatur des tiefsten Wassers nicht herabsinken, wenn die Seeen unter solchen Breiten liegen, daſs nach geschmolzenem Eise die Oberfläche bis zu diesem Puncte erwärmt wird und das seine gröſste Dichtigkeit erhaltende Wasser bis zur gröſsten Tiefe herabsinkt. Der geringe Ueberschuſs über diesen Normalpunct erklärt sich leicht aus der Einwirkung der bis zu groſser Tiefe eindringenden Sonnenstrahlen und aus einem Einfluſs des Bodens. Unter höheren Breiten überschreitet wahrscheinlich die Temperatur der Tiefe jenen Normalpunct nicht, im Ganzen aber befolgt die Wärme des Wassers der Seeen das angegebene eigenthümliche Gesetz und kann somit über die Temperatur der Erdkruste keine Auskunft geben.

c. Temperatur der Quellen.

28) Daſs die Quellen ein vorzügliches Mittel zur Bestimmung der mittleren Temperatur der Erdkruste abgeben, ist bereits[1] gezeigt, auch ist der Unterschied der Quellen von gleicher und der von veränderlicher Temperatur hervorgehoben und nicht minder sind die vorzüglichsten, in dieser Beziehung gemessenen, Quellen nach ihren, mit wachsenden Breiten abnehmenden Temperaturen übersichtlich zusammengestellt worden[2]. Der rasche Fortgang des Studiums der Natur bringt aber täglich neue Thatsachen und so dürfen daher hier die wichtigsten hinzugekommenen Bereicherungen nicht fehlen. Zahlreiche Messungen der Quellen-Temperaturen aufzunehmen scheint mir jedoch nicht geeignet, da sie den Werth zur Bestimmung der mittleren Bodentemperatur nicht haben, den man ihnen früher zuweilen beilegte; inzwischen verdienen doch diejenigen namhaft gemacht zu werden, welche Parrot[3] auf seiner Reise zum Ararat beiläufig anstellte, weil sie aus Gegenden sind, aus denen fast alle Thermometerbeobachtungen fehlen, weshalb einige derselben in der später folgenden Tabelle für die mittleren Temperaturen zur Erhaltung mindestens annähernder Resultate benutzt worden sind. In der Kalmückensteppe

---

1 S. Art. *Erde*. Bd. III. S. 989.

2 S. *Quellen*. Bd. VII. S. 1075 ff.

3 Reise zum Ararat von Dr. Fr. Parrot u. s. w. Berl. 1834. Bd. II. S. 50.

nördlich vom Kaukasus zwischen 46°,5 und 47° N. B. im M
unter 42° 20′ östl. L. v. G. gaben zwei Quellen überein
mend 13° C. Unweit Jekaterinograd unter 43° 45′ N
44° 20′ östl. Länge in 780 F. Höhe zeigte eine Quelle 13
Wie unsicher die Bestimmung der Bodentemperatur und
auch der ihr nahe gleichen mittleren Temperatur vern
der Quellen sey, beweisen PARROT's wiederholte Mess
in der Gegend von Lars und von Stepan Zminda, desgl
zwischen Kaschaur und Passanaur am Kaukasus unte
30′ bis 43° N. B. und 44° 20′ bis 40° 40′ östl. L. De
eine Quelle in 2700 F. Höhe zeigte 13°,7, eine and
3000 Fuſs Höhe 8°,6, zwei andere Quellen in 3900 Fuſs
9°,0, noch eine in 4200 F. Höhe 7°,4, sämmtliche Mess
im Juni angestellt, wogegen die letztere Gröſse im Jan
6°, 1 betrug. Zwei Quellen in 4500 Fuſs Höhe zeigten
und 11°,1, eine in 4800 F. Höhe 6°,5; eine in 64
Höhe zeigte 3°,2, eine andere 60 Fuſs tiefer 5°,4, ein
cher Sauerbrunnen in 6240 F. Höhe 7°,5, eine süſse
in 3240 Fuſs Höhe 10°,9 und drei Quellen südlich vo
sanaur zeigten in 3096 F. Höhe 11°,1, in 3000 F. Höhe
und in 2658 F. Höhe 10°,1. Auch diese Messungen g
hen im Juni, ihre Wiederholungen im Anfange Januars
statt 5°,4 nur 4°,6 und statt 10°,1 nur 8°,7. Wichtig
gegen ist die Messung der Temperatur eines 22 F.
Brunnens in Tiflis 1140 F. über dem Meere, welche
gab, einer Quelle in Kacheti unter 42° N. Br. und 45° 2
L., die 14°,2, und von 5 Quellen in der nämlichen G
welche mit geringen Abweichungen 12°,0 zeigten, so d
letztere Wärme nahe genau die mittlere jener G
seyn mag.

Man nahm bisher an, daſs diejenigen Quellen, welc
rücksichtlich der gelieferten Wassermenge und der Te
tur das ganze Jahr hindurch gar nicht oder nur unm
ändern, die Bodentemperatur am sichersten angeben, alle
ser Satz läſst sich von verschiedenen Seiten her angreife
es bleibt noch fraglich, ob nicht die veränderlichen Q
sobald man sie so häufig beobachtet, daſs alle Wechs
in die Berechnung kommen, zu der gesuchten Bestimmu
besten geeignet sind. Die Quellen zeigen nämlich nur
eine stets gleichbleibende Wärme, wenn das sie speisen

hrometeorische Wasser so tief einsinkt, dafs die wechselnden Temperaturen der Jahreszeiten in diesen Tiefen ausgeglichen werden; allein dann kann auch die mit der Tiefe zunehmende Temperatur nicht ohne Einflufs seyn, wenn gleich die seit Jahrhunderten die nämlichen Räume erfüllenden Tagewasser einen fast unveränderlichen Temperaturzustand herbeiführten. So haben unter andern die artesischen Brunnen zu Heilbronn stets eine Wärme von 12°,5 C., welche die der dortigen Bodenwärme bei weitem übertrifft[1], und dafs auch die stets fliefsenden artesischen Brunnen zu Wien eine mit der Tiefe wachsende constante Temperatur zeigen, ist bereits oben erwähnt worden[2]. Um die mittlere jährliche Temperatur der veränderlichen Quellen aufzufinden, ist es unnöthig, wie bei der Bestimmung der mittleren Lufttemperatur mehrmals täglich zu beobachten, ja es bedarf selbst der täglichen Beobachtungen nicht, sobald man gegen plötzliche Aenderungen so weit gesichert ist, dafs aus einigen in einem Monate angestellten Messungen die mittlere dieses Monats sicher gefunden wird, widrigenfalls müfste man zur Erhaltung dieses Resultates ähnliche Methoden in Anwendung bringen, als welche weiter unten zur Auffindung der mittleren Lufttemperatur angegeben werden sollen. Hat man aus einer genügenden Anzahl von Beobachtungen die monatlichen Mittel gefunden, so erhält man hieraus die jährliche mittlere Temperatur durch einfache Berechnung leicht in mindestens sehr genähertem Werthe. Fehlen von einem oder zwei bis etwa vier Monaten die Messungen, so können diese durch Interpolation gefunden werden, wenn man die Curve, welche den Wechsel der Temperatur bezeichnet, graphisch darstellt. Sind die fehlenden Monate einzeln zwischen den andern zerstreut, so werden die auf diese Weise gefundenen Resultate der Wahrheit sehr nahe kommen, je mehr fehlende Monate aber bei einander liegen, um desto unsicherer müssen die erhaltenen Werthe seyn. Soll die Genauigkeit noch weiter getrieben werden, so kann man sich derjenigen Interpolationsmethode bedienen, welche man gegenwärtig häufig in Anwendung bringt und von welcher bereits mehrmals die Rede war[3]. Bezeichnet t_n die dem nten Monate zu-

1 Dingler polytechnisches Journ. Th. XXXVII. S. 116.
2 Wiener Zeitschrift Th. VIII. S. 273.
3 Art. *Meteorologie*. Bd. VI. S. 1876 und 1962. Daselbst mufs in

gehörige mittlere Temperatur, wenn die mittlere des ganzen Jahres = t ist, so ist

$$t_n = t + u.\,\mathrm{Sin.}\,(n.\,30^0 + v) + u'.\,\mathrm{Sin.}\,(n.\,60^0 + v'),$$

worin die Constanten u und u', v und v' aus Beobachtungen bestimmt werden. Man bezeichnet den ersten Monat durch 0 und die folgenden durch 1, 2, 3,.... 11, und es ist dann

$$6u\,\mathrm{Sin.}\,v = (1 - 5 - 7 + 11)\,\mathrm{Cos.}\,30^0$$
$$+ (2 - 4 - 8 + 10)\,\mathrm{Cos.}\,60^0 + 0 - 6,$$
$$6u\,\mathrm{Cos.}\,v = (1 + 5 - 7 - 11)\,\mathrm{Cos.}\,30^0$$
$$+ (2 + 4 - 8 - 10)\,\mathrm{Cos.}\,60^0 + 3 - 9,$$
$$6u'\,\mathrm{Sin.}\,v' = (1 - 2 - 4 + 5 + 7 - 8 - 10 + 11)\,\mathrm{Cos.}\,60^0$$
$$6u'\,\mathrm{Cos.}\,v' = (1 + 2 - 4 - 5 + 7 + 8 - 10 - 11)\,\mathrm{Sin.}\,60^0.$$

Man kann also nach einem sinnreichen, von A. Erman[1] bei der Untersuchung der Quellentemperatur zu Königsberg angewandten Verfahren die durch die erste annähernde Interpolation für die fehlenden Monate gefundenen Werthe in dieser Formel benutzen, und indem man durch dieselbe die eben diesen Monaten zugehörigen mittleren Temperaturen genauer findet, diese mehr genäherten Werthe abermals in die Formel aufnehmen, und dieses Verfahren so lange wiederholen, bis man der Wahrheit möglichst nahe gekommen ist. A. Erman fand die mittlere Temperatur der Quellen zu Königsberg = 8°,246 C., die der Luft aus Sommer's Beobachtungen = 6°,275, welches einen Unterschied von 1°,971 giebt und den allgemein angenommenen Satz bestätigt, dafs unter höheren Breiten die Bodentemperatur die der Luft übertrifft. Inzwischen mufs wohl berücksichtigt werden, dafs hierfür nur einjährige Messungen der Quellen vorhanden sind, es unterliegt aber keinem Zweifel, dafs auch die mittlere Quellentemperatur in den verschiedenen Jahren gleiche Unterschiede zeigt, als die Lufttemperatur, wie schon daraus nothwendig folgt, dafs einige Jahre eine ungleich gröfsere Menge von Schnee oder umgekehrt warmer Gewitterregen liefern, als andere. So mafs, nach einer Mittheilung von Kupffer[2], Coumani die Temperatur des

der Gleichung für 12 u' Sin. v' auf S. 1876 in dem mit Cos. 30° multiplicirten Factor XXIII statt XXII stehen und S. 1961. Z. 2. v. u. mufs es statt u (w. 45° + v) heifsen u Sin. (w. 45° + v).

1 Poggendorff Ann. XI. 306.

2 Lond. and Edinb. Philos. Mag. N. II. p. 134.

llen zu Nicolajeff unter 46° 58′ N. B. und 32° 0′ östl. L.
n G. in den Jahren 1827, 1829 und 1830 und erhielt
7 bei einer Veränder. zwisch. 5°,73 u. 11°,25 im Mittel 9°,25 C.
9 — — — — 4,00 — 11,00 — — 7,75 —
0 — — — — 11,62 — 12,00 — — 11,70 —
ach Kupffer[1] beträgt die mittlere Quellentemperatur zu Se-
stopol unter 44° 35′ N. B. und 33° 32′ östl. L. von G.
11°,3 C. Sie wurde in den Jahren 1827 bis 1829 gefunden
nd schwankte 1827 zwischen 9°,9 und 14°,4 C., im Jahre
18 zwischen 8°,4 und 14°,9 und im Jahre 1829 zwischen
5 und 16°,5.

9) Diese Ungleichheit der Resultate verschiedener Jahre
n durchaus kein genügendes Argument gegen die Zulässig-
der Bestimmung der Bodentemperatur durch die Wärme
Quellen abgeben, jedoch müssen, ebenso wie für die Auf-
ung der mittleren Lufttemperatur, möglichst viele Jahre
tzt werden. Ein unverkennbares Hindernifs liegt dage-
n dem Umstande, dafs die Temperatur des Bodens mit
Tiefe wächst und man bei keiner Quelle mit Sicherheit
, wie tief das hydrometeorische Wasser erst in die Erde
dringt, ehe es durch hydrostatischen Druck wieder geho-
und zum Ausfliefsen gebracht wird. Mit Gewifsheit da-
n darf angenommen werden, dafs das Quellwasser aus
größeren Tiefen kommt, je weniger sich die Wärme desselben
im Jahre ändert. Diesen Satz hat namentlich Kupffer[2]
gehoben und sehr sinnreiche Anwendungen davon ge-
. Nach seiner Ansicht liefse sich aus der beobachteten
peratur einer Quelle leicht die Wärme der oberen Erd-
 finden, wenn die Tiefe der Quelle bekannt wäre, weil
Gesetz der mit der Tiefe zunehmenden Temperatur als
end ermittelt zu betrachten sey; allein die hierüber im
gehenden Abschnitte gegebene Uebersicht zeigt unver-
bar, dafs diese Voraussetzung keineswegs begründet ist,
rechnet dafs bei jeder einzelnen Quelle allezeit ungewifs
, in welchem Grade die Räume, durch welche sie seit
rer oder kürzerer Zeit gedrungen ist, eben in Folge des
sses der hydrometeorischen Wasser, eine Veränderung

---

1 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. IV. p. 259.
2 Poggendorff Ann. XXXII. 270.

erlitten haben, weswegen denn auch die aus der Quellentemperatur abgeleitete Zunahme der Wärme so sehr ungleiche Resultate liefert. Inzwischen hat KUPFFER, gestützt auf FOURIER's Analyse der Wärmeleitung, die Relation zwischen der Tiefe der Quellen und der jährlichen Aenderung ihrer Temperatur aufgesucht, die ich um so mehr mittheile, da auch für eingesenkte Thermometer Gebrauch davon gemacht werden kann. Bezeichnet v die gröfste Aenderung der Temperatur einer Quelle im Laufe eines Jahres, u ihre Tiefe unterhalb der Erdoberfläche, so ist

$$v = Ae^{-au} + A'e^{-au\sqrt{2}} \quad . \quad . \quad I$$

welcher Ausdruck der Wahrheit um so viel näher kommt, je gröfser u ist, und somit für einen grofsen Werth von u

$$v = A''e^{-au} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad II$$

seyn kann. Diese Formeln auf die Messungen angewandt, welche WAHLENBERG bei vier Quellen unweit Upsala angestellt hat, findet KUPFFER

	Mittlere Temperatur.	Gröfste Aenderung.	Tiefe
N. 1.	5°,44	11,3	0,00
N. 2.	5,75	4,6	0,31
N. 3.	6,16	1,0	0,72
N. 4.	6,52	0,2	1,08

Die hier angegebenen Tiefen sind die Unterschiede der mittleren Temperatur, sie sind also nur relative Gröfsen, liefsen sich aber in absolute verwandeln, wenn das Gesetz der Wärmezunahme mit der Tiefe genau bekannt wäre; jedoch scheint mir noch aufserdem zu berücksichtigen, dafs die Tiefe für N. 1 = 0 angenommen ist, was auf keinem genügenden Grunde beruht, weswegen auch nicht die absolute Tiefe der Quellen, sondern nur ihre verhältnifsmäfsige unter einander aufgefunden werden könnte. Substituirt man aber die Werthe von u und v aus N. 4 und N. 3 in die Gleichung II, so findet man

$$0{,}2 = A''e - \alpha . 1{,}08,$$

$$1{,}0 = A''e - \alpha . 0{,}72,$$

welche verbunden

$\alpha = 4{,}47$ und dessen Logarithmus $= 0{,}6503075$

geben. Dieser Werth von α und die aus den Messungen

N. 1 und N. 3 erhaltenen Werthe in die Formel I eingeführt geben:

$$11,3 = A + A'$$

$$1,0 = A\, e^{-4,47 \cdot 0,27} + A'\, e^{-4,47 \cdot 0,27 \sqrt{2}}.$$

Hieraus erhält man:

A = 28,871; dessen Logarithmus = 1,4604618

A' = — 17,571; dessen Logarithmus = 1,2448025

und dann für die Tiefe = 0,31 in N. 2 . . . v = 4°,74,

für die Tiefe = 1,08 in N. 4 . . . v = 0°,21

statt dafs die Messungen 4°,6 und 0°,2 geben. Diese Uebereinstimmung ist allerdings hinlänglich genau, KUPFFER findet aber aus ebendiesen Messungen die Zunahme der Tiefe für 1° C. nicht gröfser als 45 Fufs, welcher Werth offenbar zu klein ist.

30) Ein zweiter Umstand, welcher die Bestimmung der Bodentemperatur aus Quellen unsicher macht, indem er zu einem, dem eben gerügten entgegengesetzten, Fehler führt, ist das Herabsinken des Wassers aus bedeutenden Höhen, wonach es dann nicht die Temperatur derjenigen Höhe anzeigt, wo die Quellen ausfliefsen, sondern mehr derjenigen, wo das sie speisende Wasser in die Erde einsinkt. KUPFFER[1] scheint diesen Umstand zuerst hervorgehoben zu haben, indem er sagt, dafs Quellen in Gebirgsgegenden die Bodentemperatur nicht sicher angeben, neuerdings ist aber die Sache aufser allen Zweifel gesetzt worden, wie vor allen Andern G. BISCHOF[2] aus zahlreichen Beispielen dargethan hat. Schon 1833 mafs ENNEMOSER die Temperatur von 13 Quellen in Tyrol unmittelbar neben Gletschern und fand sie zwischen 2°,54 und 6°,5 C. BISCHOF selbst fand die Temperatur von 4 Quellen an der Sandecke des Grindelwald-Gletschers in 3684 Fufs Höhe über dem Meere zwischen 3°,00 und 3°,37 C.; bei 51 Quellen zwischen Kandersteg und Gemmi 5887 Fufs über dem Meere aber schwankte sie zwischen 3°,1 und 4°,5 C. Nach L. v. BUCH und WAHLENBERG zeigt die Quelle auf dem Gotthard in 8587 Fufs Höhe 3°,0 C. und auf dem Grofs-Glockner in

1 Poggendorff Ann. XV. 165. Ann. de Chim. et Phys. XLII. p. 366.

2 Edinburgh New Phil. Journ. N. XL. p. 356.

6660 Fuſs Höhe 3°,75 C., woraus zu folgen scheint, daſs d Quellen unmittelbar neben den Gletschern nicht unter 2°,25 herabgehn. Aus einer Menge von Beispielen zeigt Bischo dann, daſs diese kalten Wasser bis zu bedeutenden Tief herabsinken, daselbst als Quellen zu Tage kommen, und ni die Bodentemperatur der Orte zeigen, wo sie entspringen, so dern eine mittlere zwischen der ihres eigentlichen Ursprung und ihres Ausganges. Ebendieses bestätigt Heer[2] und we zugleich nach, daſs aus diesem Grunde die Quellen Kalkgebirgen meistens kälter sind, weil in den Zerklüftung derselben das Wasser tiefer herabsinkt und daher das a höheren Regionen herabgekommene in ihnen zu Tage au flieſst.

31) Endlich ist bereits bemerkt worden, daſs die Bodentemp ratur überhaupt aus der Wärme der Quellen an solchen Orte nicht entnommen werden kann, wo die mittlere Temperatur unte dem Nullpuncte des Centesimalthermometers ist, weil sich die ses mit dem Gefrieren des Wassers nicht verträgt. Parr behauptet daher, jenseit des Polarkreises gebe es gar kei Quellen, weil der Boden stets gefroren sey und bloſs zur Z der gröſsten Hitze einige oberflächliche zum Vorschein k men. Dieses gilt aber nur von den kälteren Regionen d Erde, aber nicht von den nördlichen Theilen Skandinavie wo die Quellen allerdings über den Polarkreis hinausge Es läſst sich als möglich denken, aus der gemessenen Tem ratur von Quellen, die nur eine kurze Zeit im Jahre flieſse die mittlere Temperatur derselben zu berechnen, wenn m aus den Beobachtungen das Maximum und das Gesetz der A nahme ihrer Wärme entnähme und vermittelst dieser Gröſs die fehlenden Glieder interpolirte, um dann die mittlere Tem peratur zu erhalten, allein die Ungewiſsheit würde bei diese Verfahren so groſs seyn, daſs es mir überflüssig scheint, wei darauf einzugehn. Bemerkt werden muſs jedoch, daſs nach d

---

1 Die Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers u. s. w. Leip 1837. S. 31 ff.

2 J. Fröbel und O. Heer Mittheilungen aus dem Gebiete theor. Erdkunde. Zürich 1836. Th. I. S. 297.

3 Journal of a third Voyage for the Discovery of a North-We Passage cet. Lond. 1826. App. p. 133.

leicht Bischof's [1], welcher durch zahlreiche Versuche viele
fahrungen hierüber gesammelt hat, die Bodentemperatur all-
mein aus veränderlichen Quellen genügend entnommen wer-
kann, wenn man die beiden angegebenen Hindernisse
meidet, viele Quellen in der nämlichen Gegend beobachtet,
um man die Zeit des Maximums und Minimums ihrer Wärme
und drei Monate nach dieser Zeit ihre Temperatur
als mittlere nimmt.

d. Temperatur der oberen Erdkruste.

32) In den neueren Zeiten ist die Kenntnifs der Tempe-
ratur der Erdkruste durch eine grofse Zahl sinnreich ange-
stellter Messungen erweitert worden. Als vorzüglichstes Mittel
dienten hierzu Thermometer, die bleibend in die Erde gesenkt
wurden, frische Bohrlöcher bis zu geringen Tiefen, in denen
deren eigenthümliche Wärme sofort vor der Einwirkung
fremder Ursachen gemessen wurde, und ein eigenthümliches
Verfahren, welches von G. Bischof angewandt weiter unten
näher beschrieben werden soll. Der Zweck dabei war zuwei-
len die mit der Tiefe wachsende Wärme zu messen, in wel-
cher Beziehung sie in den ersten Abschnitt (oben A.) gehören
und dort auch zum Theil erwähnt worden sind; aufserdem
wollte man vor allen Dingen theils die jederzeitige Bo-
denwärme in geringer Tiefe kennen lernen, theils aber und
hauptsächlich ausmitteln, innerhalb welcher Grenzen die Tem-
peratur zwischen dem Maximum und Minimum schwankt und
welchen Gesetzen diese Schwankungen in ungleichen Tiefen
unterworfen sind. Wenn man berücksichtigt, dafs die Erd-
oberfläche am Tage durch den Einflufs der Sonnenstrahlen er-
wärmt wird und die so erzeugte Wärme allmälig tiefer ein-
dringt, bei Nacht dagegen sich wieder verliert, und dafs un-
ter zunehmenden Breiten ein mit diesen wachsender Unter-
schied zwischen der Temperatur des Sommers und des
Winters statt findet, so gelangt man leicht zu der Folgerung,
dafs die Schwankungen der Temperatur in verschiedenen
Tiefen und unter ungleichen Breiten sehr ungleich seyn müs-
sen, zugleich aber ist ganz unverkennbar, dafs eine Hauptbe-

[1] Die Wärmelehre des Innern unsers Erdkörpers. S. 44.

dingung dieses Unterschiedes in der ungleichen Wärmeleitungsfähigkeit der jedesmaligen Erdschichten zu suchen sey.

Man leitete ehemals sowohl die Wärme des Bodens, als auch die Schwankungen, denen dieselbe unterworfen ist, ausschliefslich vom Einflusse der Sonnenstrahlen ab, wobei man zugleich die über sie hinströmenden, ungleich erwärmten Luftschichten und die ungleich warmen Hydrometeore berücksichtigte; man hat sich jedoch neuerdings von einer andern wichtigen Bedingung überzeugt, welche darauf gegründet ist, dafs die Veränderungen der Erdkruste, vermöge deren sie nach dem ursprünglichen Zustande der Glühhitze durch unbekannte Ursachen erkaltete, an verschiedenen Orten ungleich tief eingedrungen sind, in Folge dessen der Boden unter ungleichen Längengraden eine verschiedene Wärme zeigt, womit denn zugleich die Hebungen und Senkungen verschiedener Gegenden in unverkennbarem Zusammenhange zu stehn scheinen. Hiervon wird weiter unten ausführlicher gehandelt werden.

Fourier[1] hat es versucht, das Problem der Veränderungen der Bodentemperatur allgemein aufzulösen, indem er die Gesetze der Wärmeleitung zur Grundlage seines Calculs machte. Hierfür benutzt er diejenigen, welche bei einer eisernen Kugel statt finden und welche daher auf die bei verschiedenen Erdarten geltenden keine unmittelbare Anwendung leiden. Weil wir aber weder die Wärmecapacität derjenigen Bestandtheile, woraus die obere Erdkruste besteht, noch auch ihre Wärmeleitung mit hinlänglicher Genauigkeit kennen, die Bestandtheile aufserdem an den verschiedenen Orten auf die mannigfaltigste Weise wechseln und obendrein der ungleiche Feuchtigkeitszustand den entschiedensten Einflufs ausübt, so scheint es mir überflüssig, die eleganten Formeln des grofsen Geometers hier mitzutheilen, und ich verweise deswegen auf die Abhandlung selbst oder auf die Meteorologie von Kämtz[2], wo die wichtigsten derselben zusammengestellt sind.

33) Die Resultate der Beobachtungen, welche de Saussure vermittelst eingesenkter Thermometer erhielt, sind bereits erwähnt worden[3]. Kupffer[4] theilt Messungen mit, welche Ott m

---

1 Mém. de l'Acad. L'Inst. de France. T. V. p. 160.

2 Lehrbuch der Meteorologie Th. II. S. 176.

3 Art. *Erde*. Bd. III. S. 987.

4 Poggendorff Ann. XXXII. 276. Blofs die mittleren Resultate

Zürich um 1760 vier Jahre hindurch angestellt hat. Die grössten jährlichen Aenderungen betrugen

für 0,25 Fuſs Tiefe	20°,2 C.	für 3 Fuſs Tiefe	13°,5 C.
— 0,5 — —	17,5 -	— 4 — —	11,7 -
— 1 — —	15,1 -	— 6 — —	9,7 -
— 2 — —	13,8 -		

Werden diese Schwankungen der Temperaturen mit denen verglichen, die an andern Orten wahrgenommen worden sind, so erscheinen sie als zu groſs, wie eine Vergleichung auſser Zweifel stellt, und wir müssen daher voraussetzen, daſs bei den Beobachtungen äuſsere Einflüsse nicht hinlänglich vermieden wurden. KUPFFER berechnet die erhaltenen Werthe nach der oben bereits mitgetheilten Formel, wonach die Tiefe $= u$, die gröſste Aenderung $= v$ gesetzt

$$v = A'' e^{-au}$$

ist. Die 5. und 7. Beobachtung geben

$$13,5 = A'' e^{-3a},$$

$$9,7 = A'' e^{-6a},$$

woraus $a = 0,1102$, Logarithmus $a = 9,04209$

$A'' = 18,79$, Logarithmus $A'' = 1,27387$

folgt. Vermittelst dieser Werthe erhält man

Tiefe	v berechnet	v beobachtet	Unterschied
0,25	18°,3 C.	20°,0 C.	+ 1°,7 C.
0,5	17,8 -	17,5 -	— 0,3 -
1,0	16,8 -	15,1 -	— 1,7 -
2	15,1 -	13,8 -	— 1,3 -
3	13,5 -	13,5 -	0,0 -
4	12,1 -	11,7 -	— 0,4 -
6	9,7 -	9,7 -	0,0 -

dieser Messungen erwähnt auch POUILLET Élémens de Physique expérimentale et de Météorologie etc. Par. 1830. T. II. p. 642. Das Minimum bei allen Thermometern von 0,5 Fuſs Tiefe an setzt er in den Februar, das Maximum in den Juli oder August. Dieses ist aber nach den Resultaten meiner später zu erwähnenden Versuche unzulässig, und die Messungen geschahen daher ohne Zweifel in offenen Löchern, wohl gar in einem Brunnen, so daſs die kalte Luft sogleich einsinken konnte. In diesem wahrscheinlichen Falle haben aber die Resultate gar keinen Werth. Ich bemerke dieses, weil sie von mehreren Gelehrten, auch von QUETELET in Mémoire sur les Variations diurne et annuelle de la Température etc. Brux. 1837. p. 25. angeführt und in Rechnung genommen worden sind.

Die Größe und die, mit Ausnahme eines einzigen, stets negativen Werthe der Unterschiede zeigen, daſs diese Beobachtungen nicht als hinlänglich genau gelten dürfen.

34) An diese Versuche reihen sich zunächst diejenigen an, welche Leslie[1] zu Edinburg in den Jahren 1816 und 1817 mit Thermometern anstellte, die in 1, 2, 4 und 8 Fuſs Tiefe eingesenkt waren. Quetelet verschaffte sich vom Dr. Ure die Originalbeobachtungen, wobei sich fand, daſs die Messungen in 50 Fuſs Höhe über der Meeresfläche statt fanden, zugleich aber zeigen sich bei denselben die nämlichen Lücken, die sich auch bei den Züricher Messungen finden, indem nicht bestimmt ist, ob die Thermometer an einem schattigen Orte eingesenkt waren (was Quetelet für nöthig hält), ferner fehlt die Angabe der Beobachtungsstunden und die Correction des Einflusses der Wärme auf den Faden der Flüssigkeit im langen Rohre. Inzwischen hat Quetelet die gefundenen Werthe reducirt und giebt als solche die folgenden Mittelgröſsen an:

Monat	1 Fuſs.	2 Fuſs.	4 Fuſs.	8 Fuſs.
Januar	1°,28	3°,05	4°,78	6°,69
Februar	1,86	3,33	4,61	5,75
März	2,89	3,58	4,80	5,78
April	5,75	4,67	5,55	6,22
Mai	7,45	6,67	6,66	6,72
Juni	10,78	9,83	8,52	8,22
Juli	12,56	12,09	10,78	9,34
August	10,94	11,78	10,72	9,83
September	11,28	11,11	11,06	10,19
October	7,97	9,63	9,74	9,83
November	4,72	6,81	8,14	8,10
December	2,61	4,67	6,64	7,89
Jahr	6,67	7,27	7,67	7,87

1 Diese Versuche erwähnt Pouillet a. a. O. und Kupffer in Poggendorff Ann. XXXII. 276. Beide geben die Tiefen richtig an, nennen jedoch die Quelle nicht, woraus sie geschöpft haben. Auch in der Encyclopaedia Metropolitana T. III. p. 51. werden sie angeführt, mit dem Zusatze, daſs Leslie sie als durch Ferguson unter 56° 10′ N. B. angestellt mittheile. Kämtz in Meteorologie Th. II. S. 182. hat sie gleichfalls aufgenommen, giebt aber die Tiefen zu 1, 2, 3 und 4 Fuſs an und nennt als Quelle das Handwörterbuch der Chemie von Ure. Weim. 1821. S. 363, wo sich die Tiefen so, wie Kämtz sie angegeben hat, finden. Quetelet a. a. O. p. 28. sagt, er habe sich deswegen an Ure gewandt und von ihm die im Texte

Die Vergleichung giebt folgende Resultate in Centesimalgraden:

Tiefen	Maxim.	Minim.	Untersch.	Mittel
0 Fuſs	15°,20	3°,50	11°,70	9°,35
1 —	12,56	1,28	11,28	6,92
2 —	12,09	3,05	9,04	7,57
4 —	11,06	4,61	6,45	7,84
8 —	10,19	5,75	4,44	7,97

Die Maxima zeigen hierbei einen gröſseren Unterschied als die Minima, im Ganzen aber nehmen die Unterschiede mit der Tiefe ab, die ganzjährlichen mittleren Temperaturen dagegen zu, wobei jedoch als merkwürdig auffallen muſs, daſs alle niedriger sind, als die der Luft, die zu Edinburg 8°,37 C. beträgt, statt dessen für die Erdoberfläche hier 9°,35 C. als das Mittel aus beiden Extremen gefunden worden ist. Nach Fourier's Untersuchungen nehmen die Unterschiede in einer geometrischen Reihe ab, wenn die Tiefen in einer arithmetischen zunehmen, was zu folgender einfachen Formel führt:

$$\text{Log.}\,\Delta p = a + b\,p,$$

worin Δp den Unterschied der Temperatur bei einer Tiefe $= p$ in Par. Fuſs ausgedrückt bezeichnet, a und b aber durch Erfahrung zu findende Constanten sind. Quetelet nimmt die Extreme, nämlich die Thermometerstände in freier Luft und in 8 Fuſs Tiefe, zur Bestimmung der Constanten und findet damit

$$\text{Log.}\,\Delta p = 1{,}06819 - 0{,}03260\,p,$$

aus deren Anwendung sich folgende Resultate ergeben:

Unterschiede der Temperaturen

Tiefen	beobachtet	berechnet	Abweichungen
0 Fuſs	11°,70	11°,70	0°,00
1 —	11,28	10,37	+ 0,91
2 —	9,04	9,18	— 0,14
4 —	6,45	7,21	— 0,66
8 —	4,44	4,44	0,00

enthaltenen Angaben erhalten, auch erwähnt er, daſs nach Whewel im fünften Berichte der brittischen Versammlung der Naturforscher diese Messungen unrichtig dem Ferguson beigelegt würden, da sie doch von Leslie herrührten; nach der Encyclop. Metrop. ist jedoch Ersterer der eigentliche Beobachter, Letzterer nur der Referent.

Hiernach betrüge die Tiefe, bei welcher die jährliche Aenderung noch 1° C. ausmacht, 20,3 Fufs, für eine Aenderung von 0°,1 aber 39,3 F. und für 0°,01 C. 58,3 Fufs, woraus dann ferner folgt, dafs in Gemäfsheit der oben gegebenen Bestimmungen die täglichen Aenderungen in $\frac{58,3}{19} = 3,0$ Fufs verschwinden würden.

35) Herrenschneider[1] mafs zu Strafsburg in den Jahren 1821, 1822 und 1823 die Temperatur mit einem bis 15 Fufs Tiefe eingesenkten Thermometer und erhielt folgende Resultate:

Monat	1821	1822	1823	Mittel
Januar	7°,18	8°,91	6°,56	7°,55
Februar	5,62	8,12	6,73	6,82
März	7,57	8,43	7,35	7,78
April	7,50	9,00	7,97	8,16
Mai	7,96	9,85	9,37	9,06
Juni	9,20	10,75	10,93	10,29
Juli	9,68	11,25	10,62	10,52
August	10,77	12,08	11,56	11,47
September	11,25	12,18	11,25	11,56
October	11,09	11,43	10,93	11,15
November	10,47	10,00	9,37	9,95
December	9,83	7,35	9,53	8,90
Jahr	9,01	9,94	9,34	9,43

Die Art, wie diese Messungen angestellt wurden, ist mir nicht genau bekannt, inzwischen sind die Unterschiede der einzelnen Jahre weit gröfser, als sie in dieser Tiefe seyn könnten, wenn das Thermometer in den Boden gesenkt und umher zugeschüttet gewesen wäre, in welchem Falle dann der Einwurf von Quetelet, dafs bei dieser Tiefe der Einflufs der ungleichen Wärme auf den Faden der Flüssigkeit in dem langen Rohre eine Correction erfordern würde, allerdings statthaft wäre. Vielleicht wurden die Messungen blofs durch Herablassen eines trägen Thermometers in einen 15 Fufs tiefen Brunnen angestellt, wie solche durch Herrenschneider ausgeführte anderweitig bekannt sind; auf jeden Fall darf man nur entfernt genäherte Resultate erwarten. Quetelet findet

1 Pouillet Éléments de Physique T. II. p. 644. Daraus Quetelet a. a. O. p. 32.

indeſs, indem er $+ 17°,0$ und $- 2°,0$ als die Extreme der mittleren monatlichen Temperatur der Luft annimmt,

$$\Delta p = 1,27875 - 0,04020\, p,$$

wonach die jährlichen Aenderungen in 31 Fuſs Tiefe noch 1° C., in 56 F. 0°,1 und in 81 Fuſs 0°,01 C. ungefähr wie in Zürich betragen, die täglichen Veränderungen sich aber bis 4 Fuſs Tiefe erstrecken würden.

36) Rudberg[1] senkte zu Stockholm Thermometer 1, 2 und 3 Fuſs tief in die Erde, lieſs den Einfluſs des Aufgrabens erst vorübergehn, und beobachtete dann den Gang derselben. Die erhaltenen monatlichen Mittel sind

	Monate	1 Fuſs.	2 Fuſs.	3 Fuſs.
1833	Juli	15°,86	15°,09	13°,87
	August	13,12	13,93	12,88
	September	12,18	12,91	11,93
	October	8,97	9,98	9,59
	November	3,89	4,62	5,67
	December	0,81	1,77	2,78
1834	Januar	− 1,51	− 0,42	0,40
	Februar	− 0,38	− 0,02	0,24
	März	0,35	0,63	0,80
	April	3,36	3,02	2,74
	Mai	8,90	8,09	7,28
	Juni	13,65	12,50	11,29

Die Mittel für die einzelnen Thermometer sind 6°,60 C., 6°,61 C. und 6°,62 C., wonach also 0°,02 für 2 Fuſs Tiefenunterschied gehören, welches eine Tiefe von 100 Fuſs für eine Wärmezunahme von 1° C. giebt, ein mit anderweitigen Bestimmungen so genau übereinkommendes Resultat, daſs schon hierdurch allein die Vorzüglichkeit der Messungen hinlänglich verbürgt wird. Die Formel für die Gröſse der den Tiefen = p in Par. Fuſs zugehörigen Schwankungen des Thermometers ist

$$\text{Log. } \Delta p = 1,2924517 - 0,0526519\, p$$

1 Poggendorff Ann. XXXIII. 251. Seitdem sind auch die im ganzen Jahre 1834 fortgesetzten Messungen bekannt geworden. S. ebend. XXXIX. 111. Hiernach gaben die drei Thermometer im Mittel 6°,992; 6°,989 und 7°,000 C., woraus Rudberg folgert, daſs man im Mittel 7° C. für die Bodentemperatur annehmen könne und die Tiefe zur Wahrnehmung eines Unterschiedes zu gering sey. Ich wollte indeſs die aufgestellte Berechnung hiernach nicht abändern, da eingesenkte Thermometer im Verlaufe der Zeit unrichtig werden können und die frühesten Messungen daher die sichersten sind.

und vermittelst dieser erhalten wir

Tiefen	Schwankungen beobachtet	berechnet	Unterschiede
1 Fuſs	17°,37	17°,37	0,00
2 —	15,42	15,39	0,03
3 —	13,63	13,63	0,00

Setzt man p = 0, so giebt dieses die Schwankung der Temperatur an der Oberfläche oder eigentlicher der Lufttemperatur, welche hiernach zu Stockholm 19°,59 C. betragen müſste[1], und sucht man denjenigen Werth von p oder diejenige Tiefe, wobei die jährlichen Schwankungen nur noch 1° C. betragen, so geben die vorliegenden Messungen hierfür 24,55 Fuſs, bei welcher Tiefe allerdings auch nach anderweitigen Messungen die jährlichen Schwankungen nicht gröſser sind; im Ganzen aber ist die Tiefe von 3 Fuſs zu gering, um aus den erhaltenen Resultaten diese Gröſse mit Genauigkeit zu entnehmen.

37) Die bis jetzt bekannt gewordenen schätzbarsten Beobachtungen dieser Art sind diejenigen, welche Quetelet[2] angestellt hat, indem er neben der Sternwarte zu Brüssel Thermometer von geeigneter Länge in ungleiche Tiefen senkte und ihre Angaben mit einem den Boden berührenden und einem in freier Luft hängenden verglich. Indem diese Thermometer mit Weingeist gefüllt waren und bis zu so bedeutenden Tiefen hinabgingen, so war es nöthig, die Grade derselben für den Einfluſs der Wärme auf die Flüssigkeitssäule in den langen Röhren zu corrigiren. Arago[3] bewerkstelligt

1 Die wirklichen Schwankungen an der Erdoberfläche oder der Lufttemperatur sind unter mittleren und höheren Breiten weit gröſser, als sie hiernach gefunden werden.

2 Mémoire sur les Variations diurne et annuelle de la Température et en particulier de la Température terrestre à differentes profondeurs, d'après les observations faites à l'Observatoire de Bruxelles par A. Quetelet. Brux. 1837. 4. Vergl. Bullet. de l'Acad. Roy. des Sc. et bell. Lett. de Bruxelles 1836. N. 3. p. 75. L'Institut 1837. N. 217. p. 227. Correspond. math. et phys. T. VIII. Cah. 5. p. 303. Poggendorff Ann. XXXV. 140.

3 Nach einer schriftlichen Mittheilung an Quetelet.

es durch ein empirisches Verfahren, indem er mit Wein-
st gefüllte Röhren von gleicher Länge und gleichem Caliber,
die der Thermometer, neben letzteren einsenkt und die an
en gemessenen Veränderungen als Correctionsgrößsen benutzt,
MMET dagegen stellte die Thermometer in eine Reihe ne-
einander, erhielt durch diese die Temperaturen der zunehmen-
Schichten, nahm aus den an den Grenzen dieser Schichten ge-
ssenen Temperaturen das Mittel als die Temperatur der ganzen
cht und fand hieraus die den zugehörigen Längen der Röhren
enäßsheit der Ausdehnung des Weingeistes (= 0,0011 der
ge für jeden Grad der Centesimalscale) zukommenden Aen-
rungen, deren Summe dann die Correction gab. Die gröſste
rection war für das 3,9 Meter tief eingesenkte Thermome-
m December erforderlich und betrug 0°,83 C. der Scale;
aber die Correction bald positiv, bald negativ ist, so glei-
n sich diese Gröſsen aus und die mittlere im ganzen Jahre
ägt daher auch bei dem genannten Thermometer, wo sie
enfalls am gröſsten ist, nur 0°,19. Bei der Anwendung
ser Correction ist nothwendige Bedingung, daſs die Röhre
gleiches Caliber habe, weil sonst die Ausdehnung des Flüs-
keitsfadens in den unteren Theilen von der im Raume der
ale verschieden seyn würde; es ist aber kaum möglich, so
ge Röhren von gleichem Caliber im Ganzen oder aus ein-
ner Stücken zusammengesetzt zu erhalten. Wie diesem Hinder-
e begegnet worden sey, finde ich nicht angegeben; da aber
Thermometer vor SAIGY mit groſser Sorgfalt verfertigt wa-
, so läſst sich erwarten, daſs dieser und hauptsächlich
ETIET einen so wichtigen Umstand nicht übersehn habe.

Diese wegen ihrer Genauigkeit und ihres Umfanges höchst
tigen Versuche verdienen auch hier eine ausführliche Er-
nung, um so mehr, als eine Wiederholung derselben an
eigen Orten unter anderen Breiten der Wissenschaft von
dem Nutzen seyn würde. Die Messungen der Temperatur
Freien geschahen um 9 Uhr Morgens, bei den eingesenk-
en Mittag; auch wird im ersten Berichte bemerkt, daſs
Tiefen wegen zunehmender Einsenkung in Folge eines
altenden Regens corrigirt werden muſsten, worin wohl die
sache liegen mag, daſs die Messungen im ersten Jahre nicht
ständig sind. Die mittleren jährlichen Temperaturen in
3 Jahren sind folgende:

Tiefe d. Thermometer	1834	1835	1836	Mittel
In freier Luft . . .	12°,10	10°,70	10°,30	11°,03
Oberfläche der Erde	11,11	9,60	9,00?	9,90
0,58 Fufs Tiefe	10,49	9,60	9,36	9,82
1,38 — —	10,81	10,05	9,66	10,17
2,31 — —	11,19	10,50	9,98	10,56
3,08 — —	11,59	11,02	10,47	11,03
6,00 — —	—	11,63	—	11,63
12,00 — —	—	12,23	11,87	12,05
24,00 — —	—	12,06	12,06	12,06

Hierbei ist auffallend, dafs in etwas mehr als einem halben Fufs unter der Oberfläche das Minimum der Temperatur und eine geringere Wärme als im Freien gefunden wurde, was nach meinen demnächst zu erwähnenden Versuchen als eine Folge der steten Beschattung des Ortes der Thermometer zu betrachten ist, aber noch auffallender ist die über 2° C. betragende Zunahme der Wärme in der Tiefe von 24 Fufs, die Quetelet von einer Verrückung des Nullpunctes der Scale abzuleiten geneigt scheint; allein dann bliebe unbegreiflich, warum sich blofs bei den tiefsten Thermometern diese Veränderung gezeigt haben sollte. Aufserdem aber dringt sich die Bemerkung auf, dafs von 12 bis 24 Fufs Tiefe keine Zunahme der Temperatur, im Ganzen nur eine sehr unbedeutende und im Jahr 1835 sogar eine geringe negative zum Vorschein kommt[1].

Unter die aus den Beobachtungen abzuleitenden Resultate gehören zuerst die genauen Zeiten der Maxima und Minima, deren Bestimmung jedoch schwer ist, weil die tieferen Thermometer meistens eine geraume Zeit stationär bleiben. Que-

---

1 Quetelet sieht als nothwendige Bedingung an, die Thermometer an einem beschatteten Orte einzusenken; ich gestehe indefs dafs mir dieses zweifelhaft scheint, denn der natürliche Zustand ist dafs die Erdoberfläche von der Sonne beschienen wird, wenn auch die Pflanzen dieses eine Zeit lang und Bewaldung beständig, jedoch nur theilweise, hindert. Meine demnächst zu erwähnenden Beobachtungen geben auch hierüber einige Erfahrungen an die Hand. Boussingault's Tadel, dafs man bei ähnlichen Versuchen in Europa die äufseren Einflüsse nicht vermieden habe, Ann. de Chim. et Phys. T. LIII. p. 227, ist daher ungegründet.

...ert betrachtet daher die Curve der Temperaturen als eine apollonische Parabel und bestimmt aus deren Coordinaten die Zeit und Gröfse des Maximums und des Minimums. Hiernach sind zuerst die Zeiten der höchsten Temperaturen für die sämmtlichen Thermometer in den drei Jahren:

Epoche des Maximums der Temperaturen.

Tiefen	1834	1835	1836	Mittel
0 Fufs	19,5 Juli	24,2 Juli	15,0 Juli	19,6 Juli
0,58 —	26,1 —	2,0 Aug.	16,8 —	25,3 —
1,38 —	4,3 Aug.	10,2 —	21,6 —	1,7 Aug.
2,31 —	10,2 —	15,2 —	25,6 —	6,7 —
3,08 —	13,9 —	18,3 —	28,5 —	9,9 —
6,00 —	4,3 Sept.	7,9 Sept.	. . . . .	6,1 Sept.
12,00 —	8,1 Oct.	8,1 Oct.	12,2 Oct.	8,7 Oct.
24,00 —	11,7 Dec.	8,0 Dec.	19,8 Dec.	11,5 Dec.

Epoche des Minimums der Temperaturen.

Tiefen	1835	1836	Mittel
0 Fufs	9,0 Jan.	27,3 Dec.	2,7 Jan.
0,58 —	17,0 —	21,4 Jan.	19,2 —
1,38 —	23,6 —	22,6 —	23,1 —
2,31 —	10,0 Febr.	24,2 —	1,6 Febr.
3,08 —	18,6 —	28,8 —	9,2 —
6,00 —	19,2 März	. . . . .	19,2 März
12,00 —	20,1 April	4,0 April	12,0 April
24,00 —	15,9 Juni	15,9 Juni	13,8 Juni

Von beiden Extremen gingen die Thermometer zum mittleren Stande über. Wird die Epoche des Mittels vom Minimum an durch Rechnung bestimmt, so erhält man folgende Termine:

Tiefen	1834	1835	1836	Mittel
0 Fuſs	29 April	23 April	8 Mai	30 April
0,58 —	3 Mai	7 Mai	15 —	8 Mai
1,38 —	7 —	11 —	18 —	12 —
2,31 —	9 —	17 —	21 —	16 —
3,08 —	23 —	22 —	23 —	23 —
6,00 —	. . . . . .	14 Juni	. . . . . .	. . . . .
12,00 —	. . . . . .	14 Juli	12 Juli	13 Juli
24,00 —	. . . . . .	10 Sept.	10 Sept.	10 Sept.

Wird aber die Epoche des Mittels vom Maximum an be-
stimmt, so giebt dieses folgende Termine:

Tiefen	1834	1835	1836	Mittel
0 Fuſs	11 Octob.	12 Oct.	23 Octob.	15 Octob.
0,58 —	18 —	17 —	28 —	20 —
1,38 —	28 —	21 —	13 Nov.	31 —
2,31 —	1 Nov.	30 —	10 —	3 Nov.
3,08 —	8 —	2 Nov.	10 —	7 —
6,00 —	. . . . . .	8 Dec.	1 Dec.	5 Dec.
12,00 —	11 Januar	2 Jan.	18 Jan.	10 Januar
24,00 —	. . . .	6 März	15 März	11 März

Die mittlere Wärme bedarf also, um von der Oberfläche
zu einer Tiefe von 24 Fuſs wiederhergestellt zu werden,
133 Tage vom 30sten April bis 10. September und 146 Tage
vom 15ten October bis zum 11ten März, zu Erzeugung des
Maximums aber werden 145 und zu der des Minimums 151 Tage
erfordert, das Mittel aus allen diesen Bestimmungen giebt 1
Tage als die Zeit, welche die Wärme gebraucht, um den Raum
von 24 Fuſs zu durchdringen, woraus für 1 Fuſs eine Z
von 6 Tagen folgt. Aus dem mittlern Resultate für a
Thermometer geht aber hervor, daſs diese Zeit zwischen
und 7 Tagen beträgt. Die Maxima und Minima, welche a
den ungleich tiefen Thermometern beobachtet wurden, sin
folgende:

	Maxima				Minima		
Tiefen	1834	1835	1836	Mittel	1835	1836	Mittel
[illegible] Fuſs	18°,17	16°,92	16°,10	17°,06	4°,54	3°,03	3°,78
[illegible]38 —	18,05	16,89	15,80	16,91	5,31	3,62	4,47
[illegible]31 —	17,89	16,74	15,67	16,77	6,34	4,48	5,51
[illegible] —	17,93	16,75	15,55	16,74	7,10	5,23	6,16
[illegible] —	16,15	15,59	....	15,87	8,56	7,99	8,28
[illegible] —	14,93	14,60	13,99	14,51	10,20	9,85	10,02
[illegible] —	12,65	12,89	12,76	12,77	11,34	11,35	11,34

mittlere Temperatur aus dem Maximum und Minimum wächst der Tiefe, ist aber in 0,58 F. Tiefe geringer, als die mittlere der den 3 Jahren dieser Beobachtungen [1]. Als allgemeine Folge- aus diesen Messungen sind daher folgende Resultate zu be-: 1) die Temperatur in einiger Tiefe unter der Ober- der Erde ist geringer, als nahe über derselben; 2) das der Temperatur liegt zwischen der Oberfläche und Fuſs Tiefe; 3) vom Minimum an wächst die Tem- mit der Tiefe, aber in einem stärkeren Verhältnisse, man bis zu gröſseren Tiefen hinabkommt. Alle diese gerungen dürften aber mit theoretischen Gründen nicht übereinstimmen und harmoniren auſserdem nicht mit an- namentlich meinen eigenen Versuchen, allein bei der zweifelten Genauigkeit der Messungen und Rechnungen kaum möglich, auch nur muthmaſsliche Gründe zur Er- dieser Abweichung anzugeben. Was ich hierüber zu wagen möchte, wäre etwa Folgendes. Zuerst ergiebt

---

[1] Es ist merkwürdig, daſs auch Crahay in den Höhlen des Pe- bei Maestricht eine geringere Temperatur fand, als die der Luft daselbst. Letztere ist 9°,95 C., allein am 2ten März ein Thermometer im Innern des Berges in der Luft 8°,5; 8°,4; am 12ten Juli zeigten beide 8°,9 und am 10. Jan. ersteres 8°,5, letzteres 9°,0. Ein ganz ähnliches Resultat hatte van Swinden in den Jahren 1782 u. 1792 daselbst erhalten. Crahay Hauptursache dieser Anomalie in der starken Verdunstung der daselbst vorwaltenden Feuchtigkeit, allein da der ge- Wasserdampf durch Luftzug nicht fortgeführt wird, so müſste gewicht bald wieder hergestellt seyn. Mir scheint der zu liegen, daſs die specifisch schwerere kalte Luft in unterirdische Höhlen hineinflieſst, die leichtere warme aber strömt, aber nicht wieder hineinsinkt. S. Mémoire sur la Mé-, par J. G. Crahay (von 1837), p. 11.

sich eben hieraus, dafs solche Thermometer nicht so
eingesenkt werden dürfen, die sich stets in dichtem
chem Schatten befinden; zweitens aber ist fraglich,
ohnehin zur Thermometrie wenig geeignete Weingeist
langen Instrumenten hinlängliche Genauigkeit gebe
nicht der Druck der Erdschichten auf die Gefäfse der
mometer einen mit der Tiefe zunehmenden Einflufs
habe. Andere aus dem Verhalten der Erdwärme zu
mende Vermuthungen sind allzukühn, als dafs ich
sprechen wagte.

Inzwischen sind diese Versuche höchst werthvoll,
Gesetz der mit der Tiefe abnehmenden jährlichen
zu bestimmen, weil dabei nur der relativ richtige
einzelnen Thermometer in Betrachtung kommt.
nimmt zur Lösung dieser Aufgabe die durch den
den monatlichen Mitteln gefundenen Maxima und
der an einzelnen Tagen erhaltenen einzelnen,
auch die längere Dauer als Function mit aufgenommen
Die angegebene Gleichung wird dann aus den für
längsten Thermometer gefundenen Werthen[1]

$$\mathrm{Log.}\,\Delta p = 1{,}15108 - 0{,}04149\,p,$$

welche für $p = 0$ die jährliche Variation an der
$= 14°{,}16$ C. weit geringer, als die Beobachtung,
dafs für Paris der umgekehrte Fall statt findet. Die
Variation beträgt für 24 Fufs nicht mehr als 1°,13
der Formel für 27,7 Fufs 1° C., für 51,8 Fufs 0°,1
75,9 Fufs 0°,01 C., so dafs also die jährlichen Schwan
in dieser Tiefe zu verschwinden anfangen. Dieses
gut damit überein, dafs die Temperatur in einem 60
fen Brunnen unter der Sternwarte zu Brüssel in den
1834 und 1835 keine mefsbare Aenderung zeigte.
stellt die Resultate der bisherigen Messungen zusammen
findet für die verschiedenen Orte folgende Werthe:

---

1 Für alle Thermometer nach der Methode der kleinsten
drate wird die Formel Log. $\Delta p = 1{,}14923 - 0{,}04140$,
genaue Uebereinstimmung der einzelnen Resultate unter
vorgeht.

Orte	1°,00	0°,10	0°,01
Edinburg .	20,3 Fufs	39,3 Fufs	58,3 Fufs
Upsala . .	24,6 —	43,5 —	62,5 —
Zürich. . .	27,3 —	49,5 —	71,4 —
Strafsburg	31,0 —	56,0 —	81,0 —
Paris . . .	28,0 —	48,5 —	68,9 —
Brüssel . .	27,7 —	51,8 —	75,9 —

...es scheint, dafs mit zunehmenden Breiten die jährli-
...e Variationen minder tief eindringen; allein zur Feststel-
...g dieser Regel sind noch nicht genügende Beobachtungen
...rden.

...) Quetelet versucht den jährlichen Gang der Tem-
... durch Polar-Coordinaten auszudrücken, wobei die 360
... des Kreises den Tagen des Jahres angepafst werden
... Monat den Werth von 30° erhält. Heifst dann y
...te des Thermometers in der durch x bezeichneten
..., so wäre

$$y = A + B\,\mathrm{Sin.}(x + C)$$

...tische Ausdruck, in welchem C, A und B durch Be-
...ungen gefunden werden müssen, wenn A die mittlere
...peratur des Jahres für das gegebene Thermometer, B den
... Unterschied zwischen dem Maximum und Minimum
...chnet und C von dem Zeitmomente an gezählt wird, wo
...ittlere jährliche Temperatur statt findet. Weil aber die
... der mittleren Temperatur zweimal wiederkehrt, so
... gleicher Abstand vom Maximum und Minimum statt
... Bezeichnet dann x' das Maximum, wonach $x'+C=90°$,
... 180° + x' nothwendig das Minimum geben, und man
... für das Maximum:

$$y = A + B\,\mathrm{Sin.}(x' + C) = A + B$$

für das Minimum

$$y = A + B\,\mathrm{Sin.}(180° + x' + C) = A - B.$$

... Formel für das 24 Fufs tiefe Thermometer benutzt er-
...gende Constanten: die mittlere Temperatur für 1835
...836 betrug 12°,06 = A; der Unterschied des Maximums
...inimums war 12°,8 — 11°,34 = 1°,46, wovon die Hälfte
...3 = B; endlich aber fiel die mittlere Temperatur auf
...ten März und 10ten Sept., das Maximum auf den 11,5ten

December, das Minimum auf den 13,8ten Juni. Wird de
September als Epoche der mittleren Temperatur angeno
so erhält man bis ans Ende des Jahres 3 Monate und 20
und die Formel wird:

$$y = 12^{\circ},06 + 0^{\circ},73 \, \text{Sin.} \, (110^{\circ} + x).$$

Die hiernach für die einzelnen Monate des ganzen Jahr
rechneten Werthe mit den beobachteten verglichen geb
gröfste Differenz nur 0°,08 C.; für das 12 Fufs tiefe
sie bis 0°,25 und für das 6 Fufs tiefe bis 0°,55 C.

39) Gleich wichtige Resultate, als die eben mitge
sind und als diejenigen seyn werden, welche fortgesetzt
obachtungen zu Brüssel versprechen, darf das Publi
Grunde von Paris erwarten, wo Arago bereits im Jahr
gleichfalls Weingeistthermometer in ungleiche, bis 25
nehmende Tiefen eingraben liefs[1]. Bis jetzt ist hi
dasjenige bekannt geworden, was Poisson[2] mitg
Dieser bemerkt, dafs die Beobachtungen nicht für
flufs der ungleichen Temperatur der Flüssigkeit in de
Röhre und die etwaige Veränderung des Nullpunctes
seyen, mit welcher Correction man sich gegenwärtig b
tige, dafs aber auf jeden Fall die Gröfse der hieraus
genden Fehler nicht bedeutend seyn könne. Von de
bote stehenden vierjährigen Beobachtungen hat Poisso
die Hauptresultate benutzt, um sie seiner Theorie
Wärmeleitung anzupassen. Daher giebt er an, dafs
Tiefen von 2 bis 8 Meter die Perioden des Maximu
Minimums ungefähr 6 Monate von einander abstanden
den einzelnen Jahren nur unbedeutend verschieden wa
der Unterschied ihrer absoluten Werthe in der gering
etwas über 1° C., in der gröfsten aber nur 0°,1 betr
Ursache hiervon soll hauptsächlich von der Einwirku
Sonne herrühren und daher die Wirkung in gröfser
verschwinden, was jedoch auch dann der Fall seyn mufs,
die übrigen Bedingungen der wechselnden jährlichen T
raturen berücksichtigt werden. Ohne die gebrauchten
hier ausführlich mitzutheilen möge es genügen zu b
dafs, wenn der jährliche Unterschied zwischen dem M

---

1 Ann. Chim. Phys. XXX. 398.

2 Théorie mathématique de la Chaleur. Par. 1835. 4. p

und Minimum für eine Tiefe = x in Metern durch H bezeichnet wird, für eine andere = x' aber durch H', alsdann nach Poisson

$$H' = He^{-\frac{(x'-x)\sqrt{\pi}}{a}}$$

seyn wird, worin a eine von der Leitungsfähigkeit der Erdart abhängende Constante ist. Nach den Beobachtungen beträgt dieser Unterschied für 8,121 Meter Tiefe = 1°,414 C. und für 6,497 Meter = 2°,482 C., welche Werthe substituirt

$$1°,414 = 2°,482 \cdot e^{-\frac{1,624\sqrt{\pi}}{a}}$$

geben, woraus a = 9,11655 gefunden wird. Die Maxima und Minima fielen in der grössten Tiefe ungefähr auf den 18ten December und 13ten Juni, in der geringsten auf den 15ten Nov. und 10ten Mai, wonach also die Maxima 272 und 239, die Minima aber 84 und 50 Tage nach dieser Epoche fallen. Quetelet[1] hat die erhaltenen Resultate mit andern durch Reduction derselben auf Fuße vergleichbar gemacht. Im Mittel aus den 4 Jahren beträgt der Unterschied des Maximums und des Minimums der jährlichen Temperaturen für 20 Fuß 2°,482 und für 25 Fuß 1°,414 C., und diese Werthe geben in der Formel die Constanten:

$$Δp = 1,86348 - 0,04836\,p\,,$$

woraus dann folgende Zusammenstellung hervorgeht:

Tiefen	Temperaturen beobachtet	berechnet	Unterschiede
0 Fuß = 0 Met.	16°,870	23°,569	— 6°,699
5 — = 1,624	13,017	13,429	— 0,412
10 — = 3,248	7,800	7,650	+ 0,150
20 — = 6,497	2,482	2,482	0,000
25 — = 8,121	1,414	1,414	0,000

Die Unterschiede sind für die eingesenkten Thermometer unbedeutend, dagegen weicht bei dem in freier Luft aufgehängten Thermometer das Resultat der Rechnung von dem der Be-

1 A. a. O. p. 38 ff.

obachtung merklich ab[1]. Die Formel giebt 1° jährliche Schwankung in 28,06 Fuſs Tiefe, 0°,1 C. in 49,47 F. und 0°,01 C. Schwankung in 67,8 F. Tiefe.

40) Ich selbst faſste im Jahre 1820 den Entschluſs, den Gang der Temperatur an der unmittelbaren Oberfläche des Bodens und zugleich sowohl in einiger Tiefe unter, als auch in einiger Höhe über derselben genau zu beobachten. Zu diesem Ende senkte ich hier in Heidelberg in einem rundum eingeschlossenen, aber der freien Luftströmung im Neckarthale ausgesetzten Garten drei Thermometer in die Erde ein. Der Boden besteht bis 1,5 Fuſs Tiefe aus schwerer Dammerde und weiter unten aus sogenanntem schwerem Thonboden. Die Thermometer, mit Quecksilber gefüllt, haben unten einen weiten und langen Cylinder von dickem Glase, welcher bei dem längsten 1,5 Zoll lang und fast 0,5 Zoll weit ist, bei den folgenden verhältniſsmäſsig kleiner; an die Cylinder sind die feinsten Haarröhrchen angeschmolzen, in denen der Quecksilberfaden kaum wahrnehmbar ist, für die Scale ist eine weitere Röhre angeschmolzen und die Grade sind auf diese mit Fluſssäure geätzt. Die Thermometer wurden in einen ausgehöhlten, aus zwei Hälften bestehenden hölzernen Cylinder gelegt, so daſs sie unten auf Baumwolle ruhten und die Quecksilbergefäſse durch zwei Einschnitte in das Holz dem freien Zutritte des Erdbodens fast ihrer ganzen Dicke nach ausgesetzt waren. Nach Bohrung der zur Aufnahme dieser Thermometer bestimmten Löcher wurden sie mit ihren durch Eisendraht zusammengebundenen Hüllen so eingesenkt, daſs die hervorragenden Scalen bequem durch Einschnitte in den hölzernen Cylindern abgelesen werden konnten, der freie Raum um dieselbe aber wurde mit grobem Sande ausgefüllt; die Beobachtungen geschahen anfangs mehrmals an einem Tage, nachher meistens täglich, leider aber entstanden später in Folge vielfältiger Abhaltungen in einzelnen Monaten nicht unbedeutende Lücken, weswegen die Resultate nicht den vollen Werth haben, den sie hätten erlangen können. Gegen die anhaltende directe Einwirkung der Sonnenstrahlen waren die Thermo-

1 Ebendieses wurde oben §. 86. für Stockholm bemerkt, und fand auch zu Brüssel statt. Die Temperatur der Luft ist zugleich schwankender, als die der Erde selbst nur in 0,5 Fuſs Tiefe.

ster durch eine an der Südseite befindliche Weinhecke ge-
chützt, doch fielen die Sonnenstrahlen zuweilen durch die
ätter und der Luftzug durch diese war genügend frei. Ue-
gens war die Construction der Thermometer mit einem wei-
n Gefäfse, einer diesem angemessenen grofsen Weite des
ksilberfadens in dem oberen Theile der Röhre, worauf
Scale geätzt ist, und den feinen zwischen beiden be-
chen Haarröhrchen absichtlich gewählt, um den Ein-
s der ungleichen Temperatur auf die Ausdehnung dieses
schenliegenden feinen Quecksilberfadens verschwinden zu
chen; auch zeigte sich, als die Gefäfse aller drei Thermo-
er in Wasser getaucht und ihr Gang mit einem andern ge-
ien Thermometer zwischen 5° bis 20° R. verglichen wurde,
e Abweichung, soweit die allerdings des bequemen Ab-
ens wegen etwas dicken Theilstriche wahrzunehmen gestat-
n. Zur Vergleichung mit dem Gange dieser Thermometer
bachtete ich gleichzeitig mit ihnen, aber willkürlich an
chiedenen Tagen und wechselnden Stunden, in der Regel
ch um 10 Uhr Morgens, ein Thermometer, dessen Kugel
unter die Oberfläche der lockeren Gartenerde so schob,
sie eben bedeckt wurde, ein zweites, welches in zwei
s Höhe über dem Boden an der Nordseite eines 4 Fufs
en und 3 Zoll dicken verticalen Pfahles gegen den Ein-
s der Sonnenstrahlen geschützt, dagegen den Strömungen
über den Boden hinstreichenden Luft frei ausgesetzt war,
n nicht einzelne Sträuche und Gräser oder Pflanzen in
er Umgebung dieses hinderten, ferner ein drittes, dessen
el ich in eine enge, frisch gemachte und zwei Zoll tiefe
ung im Boden an einer Stelle des nämlichen Gartens
nkte, welche das ganze Jahr hindurch im Schatten eines
es und einer Mauer bleibt, übrigens aber dem freien Zu-
e der Luft von der Seite des Gartens ausgesetzt ist, end-
ein an der Nordseite eines Gebäudes, welches einen
il der Begrenzung des Gartens bildet, in 28 Fufs Höhe
r dem Boden frei aufgehangenes Thermometer[1]. Die auf

[1] Im Winter waren die Beobachtungen wegen der kurzen Tage
des schlechteren Wetters beschwerlich, im Mai und hauptsächlich
Juni hinderte mich ein Rheumatismus am Beobachten, auch war
ganze Verfahren zusammengesetzter, als dafs es einem Stellver-

diese Weise während eines ganzen Jahres erhaltenen [illegible]sultate enthält die nachfolgende Tabelle in Graden der [illegible]zigtheiligen Scale.

---

treter überlassen werden konnte. Dieser Umstand nimmt den [illegible]stern, in denen übrigens das Verhalten der Witterung im Einz[illegible] sehr ausführlich aufgezeichnet worden ist, einen großen Theil [illegible] Werthes. Später fehlte mir die Zeit für so vollständige Aufz[illegible]nungen.

Monat. 1820	Zahl der Beob.	Die Thermometerkugel berührt den Boden			Thermometerkugel 1 bis 2 Z. tief in stets beschattetem Boden			Thermometer zwei Fufs über dem Boden			Thermometer im Schatten 28 Fufs üb. dem Boden		
		Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.
October	8	14°,0	7°,4	9°,35	9°,6	3°,3	6°,81	11°,2	6°,4	8°,36	11°,0	4°5	8°,17
Novemb.	11	7,0	—1,0	1,73	6,5	—1,0	1,63	8,0	—4,0	1,70	8,0	—3,8	1,93
Decemb.	5	5,7	—6,2	—1,42	5,6	—6,5	—1,66	6,2	—6,5	—1,76	6,2	—6,6	—1,78
Januar	7	6,2	—5,0	0,94	6,2	—5,0	0,85	6,8	—5,8	1,27	7,0	—5,8	1,52
Februar	6	0,1	—2,0	—0,31	0,0	—4,1	—1,31	2,6	—2,0	0,40	3,0	—1,8	0,70
März	5	17,0	2,7	7,82	9,4	2,5	5,68	13,0	2,5	7,00	12,5	2,5	7,00
April	11	26,0	7,0	14,27	17,0	6,5	9,70	20,6	7,5	12,54	20,6	7,6	12,36
Mai	5	28,0	13,5	18,70	15,0	7,8	11,04	17,5	9,5	13,94	16,5	9,5	13,66
Juni	1	14,5	14,5	14,50	12,5	12,5	12,50	13,5	13,5	13,50	13,5	13,5	13,50
Juli	13	31,5	12,4	17,22	14,0	11,4	13,10	20,0	10,8	14,97	19,0	11,2	14,97
August	27	21,5	11,5	16,19	15,0	11,2	13,43	18,5	11,0	14,77	19,5	12,0	15,44
Septemb.	11	23,5	14,1	18,61	14,2	11,2	12,82	21,3	13,3	16,02	21,0	13,5	16,16
Jahr	110	16,25	5,72	9,80	10,41	4,15	7,05	13,26	4,67	8,56	13,15	4,09	8,63

41) Aus diesen im Ganzen 440 Beobachtungen ließen sich vielleicht manche interessante Folgerungen ableiten, jedoch steht jeder theoretischen Begründung das Hinderniß im Wege, daß die Aufzeichnung der Thermometergrade zwar bei allen dreien gleichzeitig, aber weder stets an gleichen Stunden des Tags, noch auch an bestimmten Tagen der Monate geschah. Inzwischen scheint mir aus der Vergleichung doch unverkennbar hervorzugehn, daß die Bodentemperatur durch die unmittelbare Einwirkung der Sonnenstrahlen bedeutend erhöht wird und diejenigen Länder daher eine niedrigere mittlere Temperatur haben, in denen der Boden stark beschattet ist, woraus die frühere größere Kälte des stärker bewaldeten Deutschlands erklärlich wird. Dagegen ist die mittlere Temperatur in 2 Fuß Höhe und in 28 Fuß Höhe sich gleich, da der unbedeutende Unterschied von 0,07 innerhalb der Fehlergrenze liegt. Ein merkwürdiges Resultat stellt sich aber heraus, wenn man aus den Mitteln der drei ersten und der drei folgenden Columnen wieder das Mittel nimmt, wonach man für das Maximum 13°,33 R., Minimum 4°,93 und Medium 8°,42, mit den Mitteln der beiden folgenden Abtheilungen sehr genau übereinstimmend, erhält, woraus hervorgeht, daß die größere Erwärmung durch die directen Sonnenstrahlen durch die größere Abkühlung in Folge der Beschattung genau compensirt wird. Das Mittel der vereinten ersten und zweiten und der beiden letzten Columnen giebt für die mittlere Temperatur dieses Jahres mit einem gelinden Winter 8°,53 R., welches die mittlere Temperatur der Luft und auch des Bodens deswegen etwas überschreiten muß, weil alle Beobachtungen am Tage, meistens gleich nach 10 Uhr, seltener etwas vor 9 Uhr, Morgens gemacht wurden.

42) Vorzugsweise interessirte mich, außer den eingesenkten Thermometern, der Wärmezustand der oberen Erdkruste an dem stets beschatteten Orte. Deswegen setzte ich diese Messungen noch ein ganzes Jahr mit größter Gewissenhaftigkeit fort und beobachtete täglich etwas nach 10 Uhr Morgens das erwähnte Thermometer, dessen Kugel ein bis höchstens zwei Zoll tief in die Dammerde an derjenigen Stelle eingesenkt wurde, die stets durch ein hohes Gebäude und eine Mauer gegen die unmittelbare Einwirkung der Sonne geschützt ist, zu welcher übrigens die über der Gartenfläche bewegte

Luft einen ungehinderten Zutritt hat. Die erhaltenen Resultate können insofern noch von besonderem Interesse erscheinen, als sie dem gelinden Winter von 1821 auf 1822 und dem heifsen Sommer des letzteren Jahres angehören, mithin das Maximum angeben müssen, welches unter den gegebenen Bedingungen hier zu erhalten ist. Die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht derselben.

Monat	Zahl der Beob.	Max.	Min.	Med.	Monat	Zahl der Beob.	Max.	Min.	Med.
Oct.	31	9°,7	4°,4	7°,81	April	30	9°,8	3°,0	7°,46
Nov.	30	8,8	2,9	6,90	Mai	31	15,0	8,1	11,32
Dec.	31	6,3	1,5	4,18	Juni	30	17,5	13,0	15,28
Jan.	31	3,8	0,0	1,95	Juli	31	15,6	11,8	14,11
Febr.	28	4,8	1,0	2,96	Aug.	31	14,7	12,0	13,70
März	31	7,9	2,4	4,98	Sept.	30	13,0	9,0	11,19

Werden diese Resultate nach den Jahreszeiten geordnet, so erhält man

	Max.	Min.	Med.
Winter	4°,96	0°,83	3°,03
Frühling	10,90	4,49	7,92
Sommer	15,93	12,26	14,36
Herbst	10,50	5,43	8,60
Jahr	10,57	5,75	8,73

Hiernach übertrifft also die mittlere Wärme des stets beschatteten Bodens in einem vorzüglich heifsen Jahre, worin das Minimum nicht unter den Gefrierpunct des Wassers hinabging, die mittlere Bodentemperatur nicht völlig um einen Grad der achtzigtheiligen Scale, und wenn die gefundene Gröfse nach der §. 89 angegebenen Art corrigirt wird, beträgt sie nur 8°,04 R., also nur 0°,04 C. mehr, als die mittlere jährliche Temperatur. Da es solcher vollständigen Beobachtungen gewifs nicht viele giebt, so scheint es mir der Mühe werth, den Gang der Temperatur im ganzen Jahre graphisch darzustellen. Die Zeichnung der Wärme-Curve ist ohne weitere Beschreibung für sich klar, sobald man weifs, dafs die punctirte Linie den Gang der Temperatur vom October 1820 bis dahin 1821, die aus- Fig. 37.

gezogene Linie aber die im folgenden Jahre, von gleichem Te
mine an gerechnet, darstellen soll.

43) Von den drei eingesenkten Thermometern sollte d
tiefste mit der Mitte seines Quecksilber-Cylinders bis 5 P
Fuſs Tiefe, das zweite bis 3 Fuſs und das dritte bis 1,5 F
in den Boden hinabreichen; es fand sich aber durch gena
Messung vor und nach dem Herausnehmen, daſs das läng
bis 5,3 Fuſs, das mittlere bis 3,6 Fuſs und das kürzeste b
1,8 Fuſs Tiefe hinabging. Die erhaltenen Resultate sind s
kurz als möglich in folgenden Tabellen aufgezeichnet word
wobei ich auch den ersten Monat September mit aufnehme, d
das Einsenken am 2ten geschah und am 3ten die Messung
anfingen. Es ist dieses um so leichter zuläſsig, da die Lö
cher mit einem Bohrer von etwa Armesdicke gemacht, dan
sogleich die Thermometer eingesenkt und der geringe blei-
bende Spielraum mit trocknem Sande ausgefüllt wurde. Die
in der Tabelle angegebenen Maxima und Minima sind die ab-
soluten, die beobachtet wurden, die mittleren Temperature
sind aber nicht aus den Maximis und Minimis, sondern au
der ganzen Summe der Beobachtungen entnommen worden
Endlich war es der Kürze wegen nothwendig, die achtzigthei-
lige Scale, die sich auf den Thermometern befand, beizube
halten, weil eine Reduction der einzelnen Gröſsen zu mühsa
seyn würde.

1820 und 1821.

Monat	Zahl der Beob.	5,3 Fuſs tief Max.	5,3 Fuſs tief Min.	5,3 Fuſs tief Med.	3,6 Fuſs tief Max.	3,6 Fuſs tief Min.	3,6 Fuſs tief Med.	1,8 Fuſs tief Max.	1,8 Fuſs tief Min.	1,8 Fuſs tief Med.
ept.	28	14°,0	12°,5	13°,36	15°,0	12°,4	13°,83	14°,0	10°,8	13°,29
ct.	8	11,5	10,2	10,88	11,1	10,2	10,52	9,6	8,1	8,87
ov.	11	9,9	6,9	8,41	9,2	6,6	7,65	7,2	2,4	4,64
ec.	5	6,1	5,0	5,58	5,9	4,1	4,96	4,3	0,5	2,26
n.	7	4,8	3,7	4,10	4,0	3,4	3,75	2,1	0,0	1,15
ebr.	6	3,6	3,0	3,30	3,3	3,0	3,11	1,0	0,6	0,80
ärz	5	4,3	3,6	4,02	4,9	4,4	4,62	5,1	4,0	4,28
ril	6	7,0	4,3	6,06	8,7	5,1	7,30	11,7	4,8	8,70
ai	5	9,0	7,2	8,16	10,0	9,3	9,78	12,2	10,5	11,44
n.	1	10,2	10,2	10,20	11,1	11,1	11,10	12,0	12,0	12,00
l.	13	12,1	11,2	11,77	13,6	12,2	13,14	15,7	13,8	14,77
g.	27	13,1	12,3	12,70	14,5	13,3	13,82	16,6	13,5	15,04
erbst	37	11,76	9,86	10,88	11,76	9,73	10,66	10,26	7,10	8,93
inter	18	4,82	3,90	4,32	4,40	3,50	3,94	2,46	0,36	1,40
ühling	16	6,76	5,03	6,08	7,86	6,26	7,23	9,66	6,43	8,14
ommer	41	11,80	11,23	11,56	13,06	12,20	12,68	14,76	13,10	13,94
ahr	112	8,78	7,50	8,21	9,27	7,92	8,63	9,29	6,75	8,10

1821 und 1822.

Monat	Zahl der Beob.	5,3 Fuſs tief Max.	5,3 Fuſs tief Min.	5,3 Fuſs tief Med.	3,6 Fuſs tief Max.	3,6 Fuſs tief Min.	3,6 Fuſs tief Med.	1,8 Fuſs tief Max.	1,8 Fuſs tief Min.	1,8 Fuſs tief Med.
pt.	27	13°,2	12°,4	12°,90	14°,2	13°,0	13°,56	15°,3	12°,0	13°,44
t.	31	12,5	10,3	11,41	12,7	9,9	11,27	11,7	7,2	9,89
ov.	30	10,1	8,7	9,14	9,7	8,0	8,75	7,8	5,1	6,91
ec.	31	8,7	6,6	7,51	8,6	6,5	7,11	6,8	4,0	5,03
n.	31	6,6	4,8	5,49	6,4	4,2	4,92	4,3	1,7	2,50
ebr.	82	4,9	4,7	4,84	4,9	4,3	4,76	4,0	2,5	3,46
ärz	31	6,3	4,9	5,42	7,2	4,9	5,91	8,0	3,7	5,86
pril	30	8,3	6,3	7,02	9,6	6,7	7,92	11,2	5,4	8,51
ai	31	11,4	8,4	9,71	13,0	9,7	11,10	16,0	11,0	12,99
n.	30	14,1	11,6	13,17	15,5	13,3	14,95	18,9	16,7	17,80
l.	31	14,3	14,1	14,20	15,5	15,0	15,20	18,0	15,0	16,48
g.	31	14,3	13,9	14,09	15,1	14,0	14,78	17,0	14,7	15,64
erbst	88	11,93	10,46	11,15	12,20	10,30	11,19	11,60	8,10	10,08
inter	90	6,73	5,36	5,95	6,63	5,00	5,59	5,03	2,73	3,66
ühling	92	8,66	6,53	7,38	9,93	7,10	8,31	11,73	6,70	9,12
mmer	92	14,23	13,20	13,82	15,37	14,10	14,97	17,96	15,46	16,64
hr	362	10,39	8,88	10,75	11,03	9,12	10,01	11,58	8,25	9,87

1822 und 1823.

Monat	Zahl der Beob.	5,3 Fufs tief Max.	Min.	Med.	3,6 Fufs tief Max.	Min.	Med.	1,8 Fufs tief Max.	Min.	Med.
Sept.	30	14°,3	13°,3	13°,93	14°,9	13°,2	14°,22	15°,8	12°,2	14°,[illegible]
Oct.	31	13,3	11,4	12,51	13,1	11,0	12,26	13,6	9,6	11,5
Nov.	30	11,3	9,0	9,94	10,9	8,3	9,34	9,5	6,1	7,4
Dec.	31	9,0	5,4	7,21	8,3	4,1	6,28	6,4	0,4	3,[illegible]
Jan.	31	5,3	3,3	4,08	4,1	2,4	2,96	0,3	-0,8	-0,[illegible]
Febr.	28	3,3	2,9	3,05	3,5	2,0	2,63	2,6	-0,1	1,[illegible]
März	31	4,5	3,4	3,80	5,4	3,5	3,99	6,6	2,4	[illegible]
April	30	6,5	4,6	5,64	7,3	5,6	6,43	8,8	6,5	6,[illegible]
Mai	31	9,9	6,7	8,06	11,2	7,6	9,75	13,6	9,0	11,[illegible]
Jun.	30	11,0	10,0	10,70	12,1	11,3	11,85	14,0	11,9	13,[illegible]
Jul.	31	12,2	11,0	11,71	13,1	11,8	12,72	15,9	13,4	14,[illegible]
Aug.	31	13,3	12,2	12,79	14,8	13,0	13,66	17,2	14,2	15,[illegible]
Herbst	91	12,96	11,23	12,16	12,96	10,83	11,84	12,96	9,30	11,[illegible]
Winter	90	5,87	3,86	4,78	5,30	2,83	3,95	3,10	-0,16	1,[illegible]
Frühling	92	6,96	4,90	5,83	7,96	5,56	6,72	9,66	5,96	7,[illegible]
Sommer	92	12,16	11,06	11,73	13,33	12,03	12,74	15,40	13,16	14,13
Jahr	365	9,49	7,76	8,62	9,89	7,81	8,84	10,38	7,06	8,[illegible]

1823 und 1824.

Monat	Zahl der Beob.	5,3 Fufs tief Max.	Min.	Med.	3,6 Fufs tief Max.	Min.	Med.	1,8 Fufs tief Max.	Min.	Med.
Sept.	30	13°,5	12°,6	13°,19	14°,9	12°,5	13°,79	17°,0	12°,0	14,[illegible]
Oct.	31	12,7	10,2	11,45	12,6	9,3	10,89	12,5	7,8	[illegible]
Nov.	30	10,1	7,4	8,51	9,1	6,5	7,45	7,6	8,9	3,[illegible]
Dec.	31	7,4	5,7	6,61	7,0	4,8	5,88	6,6	2,4	3,[illegible]
Jan.	31	5,7	3,9	4,75	5,1	3,1	3,92	4,0	0,6	1,[illegible]
Febr.	29	4,2	3,7	3,90	4,0	3,1	3,52	3,6	0,9	2,[illegible]
März	31	4,8	4,2	4,35	4,8	4,0	4,32	4,5	2,0	3,[illegible]
April	30	6,2	4,4	4,92	7,4	4,5	5,34	10,3	3,0	5,[illegible]
Mai	31	8,8	6,4	7,89	9,8	7,6	8,99	11,8	8,8	10,[illegible]
Jun.	30	11,0	8,9	10,17	12,0	9,9	11,30	15,5	12,1	13,[illegible]
Jul.	31	12,8	11,0	12,03	13,7	12,0	13,09	16,5	13,8	15,[illegible]
Aug.	31	13,1	12,8	12,94	13,9	13,1	13,61	16,4	13,5	14,[illegible]
Herbst	91	12,10	10,06	11,05	12,20	9,43	10,71	12,36	7,90	9,7[illegible]
Winter	91	5,76	4,43	5,08	5,36	3,66	4,44	4,73	1,30	2,6[illegible]
Frühling	92	6,60	5,00	5,72	7,33	5,36	6,22	8,86	4,60	6,45
Sommer	92	12,30	10,90	11,71	13,20	11,66	12,66	16,13	13,13	14,[illegible]
Jahr	366	9,19	7,59	8,39	9,52	7,53	8,51	10,52	6,73	8,[illegible]

1824 und 1825.

Monat	Zahl der Beob.	5,3 Fuss tief Max.	Min.	Med.	3,6 Fuss tief Max.	Min.	Med.	1,8 Fuss tief Max.	Min.	Med.
ept.	30	13°,4	12°,7	13°,16	14°,2	12°,4	13°,58	16°,7	11°,4	14°,45
ct.	31	12,7	10,2	11,51	12,3	9,3	10,85	12,3	7,5	9,88
ov.	30	10,1	6,6	8,52	9,2	7,4	8,03	8,0	6,6	7,12
ec.	31	6,4	4,6	5,42	7,7	6,2	6,89	8,3	2,8	6,86
n.	31	4,6	1,9	2,71	6,1	4,1	4,82	2,2	−0,1	0,78
ebr.	28	4,4	1,8	2,85	4,2	3,7	4,11	4,8	−0,5	2,20
ärz	31	4,8	4,4	4,30	5,1	3,7	4,13	6,6	1,0	3,20
ril	30	7,8	4,8	6,33	8,8	5,2	7,02	11,9	6,7	8,66
ai	31	10,1	7,9	9,13	10,9	9,0	10,31	14,0	11,3	12,37
n.	30	11,8	10,1	10,99	13,1	10,8	11,01	15,8	11,7	14,09
l.	19	13,0	11,9	12,48	14,3	12,7	13,50	18,8	14,2	16,61
g.	int.	14,2	13,3	13,70	14.8	13,2	13,75	18,2	14,3	15,85
erbst	91	12,06	9,83	11,06	11,90	9,70	10,82	12,33	8,50	10,48
inter	90	5,13	2,76	3,66	6,00	4,66	5,27	5,10	0,73	3,28
rühling	92	7,56	5,70	6,58	8,26	5,96	7,15	10,83	6,33	8,07
ommer	49	13,00	11,76	12,39	14,06	12,23	12.75	17.60	13,40	15,51
ahr	312	9,44	7,51	8,42	10,05	8,16	8,99	11,46	7,24	9,33

1826 und 1827.

Monat	Zahl der Beob.	5,3 Fuss tief Max.	Min.	Med.	3,6 Fuss tief Max.	Min.	Med.	1,8 Fuss tief Max.	Min.	Med.
br.	28	3°,7	2°,9	3°,30	3°,0	2°,0	2°,17	3°,8	-0°,5	0°,71
rz	31	5,0	3,5	4,41	4,9	3,2	4,44	5,7	4,0	4,83
ril	30	6,7	5,0	5,83	7,0	4,8	6,02	8,2	4,6	6,70
i	31	9,2	6,7	7,60	10,0	6,9	8,09	13,2	6,8	9,63
.	30	11,9	9,3	10,50	13,0	10,2	11,39	17,0	12,5	13,79
	31	13,8	12,0	13,36	14,8	13,2	14,34	18,1	15,1	16,77
.	31	14,9	13,8	14,45	15,3	14,1	14,97	18,1	16,6	17,35
t.	21	14,9	13,6	14,32	15,1	13,0	14,08	17,0	13,0	14,82
.	31	13,5	11,7	12,56	13,5	10,3	11,81	13,0	9,3	11,33
.	30	11,6	8,1	9,73	10,2	6,3	8,01	8,7	3,7	5,83
.	31	8,0	5,8	6,95	6,9	4,3	5,45	4,8	2,2	3,56
	31	5,8	4,2	4,95	4,3	2,9	3,60	2.7	0,9	1,70
bst	82	13,33	11,13	2,20	12,93	9,86	11,30	12,90	8,66	10,66
nter	90	5,83	4,30	5,06	4,73	3,06	3,74	3,77	0,87	1,99
ühling	92	6,96	5,06	5,94	7,30	4,96	6,18	9,03	5,13	7,05
mmer	92	13,53	11,70	12,77	14,36	12,50	13,56	17,73	14,73	15,97
r	356	9,91	8,04	8,99	9,83	7,59	8,69	10,85	7,35	8,91

1827 und 1828.

Monat	Zahl der Beob.	5,3 Fuſs tief Max.	Min.	Med.	3,6 Fuſs tief Max.	Min.	Med.	1,8 Fuſs tief Max.	Min.	Med.
Febr.	28	4°,2	3°,4	3°,76	2°,9	2°,1	2°,41	0°,9	0°,2	[illegible]
März	31	4,3	3,4	3,79	4,0	2,1	3,34	4,2	0,4	[illegible]
April	30	7,2	4,4	5,87	7,6	4,1	6,07	10,4	[illegible]	[illegible]
Mai	30	10,1	7,3	8,71	10,6	7,8	9,39	13,8	10,4	[illegible]
Jun.	30	12,0	10,1	10,99	12,4	10,9	11,57	15,7	11,9	[illegible]
Jul.	31	13,9	12,1	13,02	14,6	12,6	13,79	18,0	16,0	[illegible]
Aug.	31	14,3	13,6	14,03	14,9	13,0	14,27	18,2	12,8	[illegible]
Sept.	30	13,5	12,9	13,14	13,2	12,5	12,86	15,0	12,6	[illegible]
Oct.	31	12,8	10,8	11,94	12,4	9,7	11,05	13,0	[illegible]	[illegible]
Nov.	30	10,7	6,9	8,83	9,6	5,4	7,13	7,4	[illegible]	[illegible]
Dec.	31	6,8	6,0	6,32	5,3	4,9	5,13	3,7	2,6	[illegible]
Jan.	31	6,0	4,8	5,22	4,9	3,7	4,06	3,5	1,0	[illegible]
Herbst	91	12,33	10,20	11,30	11,73	9,20	10,94	11,80	[illegible]	[illegible]
Winter	90	5,33	4,73	5,10	4,36	3,56	3,86	2,70	[illegible]	[illegible]
Frühling	91	7,20	5,03	6,12	7,40	4,66	6,26	9,46	5,00	[illegible]
Sommer	92	13,40	11,93	12,68	13,96	12,16	13,21	17,30	[illegible]	[illegible]
Jahr	364	9,56	7,97	8,80	9,36	7,39	8,56	10,31	6,84	[illegible]

1828.

Monat	Zahl der Beob.	5,3 Fuſs tief Max.	Min.	Med.	3,6 Fuſs tief Max.	Min.	Med.	1,8 Fuſs tief Max.	Min.	Med.
Febr.	29	4°,8	4°,1	4°,50	4°,1	2°,9	4°,49	3°,8	1°,0	[illegible]
März	31	5,3	4,1	4,61	5,1	3,2	4,13	5,9	1,6	[illegible]
April	30	7,2	5,3	6,04	7,4	5,1	5,93	10,0	4,4	[illegible]
Mai	31	10,2	7,4	8,83	10,9	7,6	9,34	14,0	10,0	[illegible]
Jun.	30	12,7	10,3	11,41	13,4	11,0	12,04	17,2	12,8	[illegible]
Jul	31	13,9	12,8	13,59	15,0	13,4	14,06	19,2	14,2	[illegible]
Aug.	31	13,5	13,2	13,23	14,0	12,9	13,00	14,6	13,8	[illegible]
Frühling	92	7,56	5,60	6,49	7,80	5,40	6,46	9,96	5,40	[illegible]
Sommer	92	13,36	12,10	12,78	14,13	12,43	13,03	17,00	13,60	[illegible]

44) Ehe ich die aus den hier mitgetheilten 7½ vol ständigen Jahrgängen sich ergebenden Folgerungen ablei muſs ich erst einige erläuternde Bemerkungen vorausschi ken. Man sieht aus der beigefügten Zahl der Beobach tungen, daſs vom October 1821 an ohne Unterbrechung tä lich einmal abgelesen wurde, was mit seltenen Ausnahm durch mich selbst und bei etwaiger Verhinderung durch ein sicheren Stellvertreter geschah. Im Jahre 1825 hören di Aufzeichnungen mit dem 19. Juli auf, vom August ist nu eine Beobachtung vorhanden, ebenso vom October, der Sep tember aber fehlt ganz und ebenso der November und De cember, und ich erinnere mich jetzt, daſs die Aufzeichnunge

ährend dieser Zeit durch einen Gehülfen geschahen, leider be ich aber vergessen, sie einzutragen, und kann jetzt das pier, worauf sie verzeichnet standen, nicht wiederfinden. lieb mir daher nichts Anderes übrig, als den fehlenden August zu interpoliren und die folgenden Jahrgänge m Februar anzufangen. Nehmen wir nun zuvörderst chste so, wie sie aus den aufgezeichneten Beobach- hervorgehn, so geben die folgenden Tabellen eine ht der einzelnen und der aus ihnen entnommenen n Gröfsen.

Mittel aus 7,5 Jahren.

5,8 Fufs tief			3,6 Fufs tief			1,8 Fufs tief		
Max	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.
13°,82	12°,86	13,°82	14°,50	12°,71	13°,41	15°,82	12°,00	14°,07
12,71	10,68	11,20	12,53	9,95	11,23	12,23	8,18	10,22
10,54	7,65	9,01	9,70	6,93	8,08	8,03	4,30	6,01
7,48	5,58	6,51	7,10	4,28	7,48	5,80	2,13	4,04
5,54	3,80	4,47	4,98	3,40	4,00	2,73	0,47	1,27
4,14	3,31	3,69	3,73	2,89	3,40	3,06	0,50	1,69
4,91	3,93	4,33	5,17	3,62	4,36	5,82	2,41	4,03
7,11	4,88	5,96	7,97	5,13	6,30	10,31	4,95	7,46
9,83	7,25	8,51	10,80	8,20	9,59	13,57	9,72	11,53
11,83	10,06	11,01	12,82	11,06	11,90	15,76	12,70	14,11
13,25	12,01	12,77	14,32	12,73	13,73	17,41	14,43	15,83
13,83	13,13	13,49	14,66	13,32	13,98	17,03	14,17	15.46
12,36	10,39	11,94	12,24	9,86	10,90	12,02	8,16	10,10
5,72	4,23	4,89	5,27	3,52	4,96	3,86	1,03	2,33
7,28	5,35	6,26	7,98	5,65	6,75	9,90	5,69	7,67
12,97	11,73	12,42	13,93	12,37	13,20	16,73	13,76	15,13
9,58	7,92	8,87	9,85	7,85	8,95	10,62	7,16	8,80

6) Im September des Jahres 1828 zeigte sich das Queck- = der Scale des mittleren Thermometers etwas getrennt, bachtungen wurden daher nicht weiter fortgesetzt, aber Juli des folgenden Jahres konnten alle drei Thermo- r ausgegraben werden, wobei es gelang, sie unversehrt auszubringen, ungeachtet die hölzernen Futterale gänzlich ult und völlig in Moder übergegangen waren. Es lag gleich daran, das Verhalten der Wärme in den ver- denen Erdarten zu erforschen, weil dieses auf den Gang Vegetation nothwendig einen Einflufs haben mufs, und h die freundliche Mitwirkung des Geh. Hofrath Zeyher, Directors der grofsherzoglichen Gärten zu Schwetzingen, ach eine sehr gute Gelegenheit zu einer interessanten gleichung dar. Die Gegend von Schwetzingen hat ganz

leichten Sandboden und gewährt daher den vollkommensten Gegensatz gegen den schweren Thonboden, worin die Thermometer hier gestanden hatten. Nachdem sie daher mit einer neuen hölzernen Hülle, wie früher, versehen worden waren, wurden sie in einer abgelegenen und dadurch sicheren, dem freien Zutritte der Luft ausgesetzten Abtheilung des Schwetzinger Gartens eingegraben. Gegen die Sonnenstrahlen waren sie minder, als hier in Heidelberg, geschützt, erst von zwei Uhr nach Mittag an durch eine Mauer, früher unregelmäßsig durch benachbarte Pflanzen und Gesträuche; der über den Boden hervorragende Theil war aber gegen den Einfluſs des Regens zum Schutze im Allgemeinen und zur Vermeidung zu baldigen Moders durch eine Hülse von Weiſsblech geschützt, die für die Zeit der Beobachtung abgehoben wurde. Der Boden bestand bis 1,5 Fuſs Tiefe aus ziemlich fruchtbarer, leichter Dammerde, dann noch etwa 1,5 bis 2 Fuſs tief aus einem Gemenge von feinem Sande and Dammerde, worin die Menge des ersteren Bestandtheils zunehmend gröſser wurde, und tiefer aus reinem feinem Sande. Die Beobachtungen übernahm ein bejahrter, zuverlässiger Gartenaufseher, gewöhnlich einen um den andern Tag, selten mit Unterbrechungen von zwei bis höchstens vier Tagen, und die erhaltenen Mittel können daher für sehr genau gelten. Im Anfange des Monats März wurden die Thermometer unversehrt wieder ausgegraben, weil das längste unter ihnen eine Drehung um seine Axe erhalten hatte, die das Ablesen sehr hinderte, das Holz fand sich weit weniger verfault, allein bei einer Vergleichung, nachdem sie späterhin aufgehangen worden waren, zeigten das längste und kürzeste noch vollkommne Uebereinstimmung, das mittlere aber stand 0°,9 bis 1°,0 R. höher, ohne daſs sich ausmitteln läſst, wann diese Veränderung und durch welche Veranlassung sie eingetreten ist. Auch diese Beobachtungen theile ich um so lieber vollständig mit, da auch diese Reihe das ungewöhnlich warme Jahr 1834, wie die frühere das Jahr 1822, in sich schlieſst. Daſs die Thermometer etwas tiefer eingesenkt wurden, zeigen die Ueberschriften der nachfolgenden Tabellen.

1829 und 1830.

Monat	Zahl der Beob.	5,5 Fuſs tief Max.	Min.	Med.	4 Fuſs tief Max.	Min.	Med.	2,3 Fuſs tief Max.	Min.	Med.
t.	9	11°,5	9°,5	10°,56	11°,7	8°,5	10°,28	11°,0	6°,7	9°,31
v.	12	9,5	7,0	8,00	8,5	4,7	6,59	6,5	2,5	4,33
c.	13	6,5	4,5	5,46	4,5	2,5	3,46	2,0	0,0	1,08
1.	15	4,5	3,0	3,30	2,5	1,5	1,76	0,5	-1,5	-0,80
br.	15	3,0	2,0	2,33	1,0	0,5	0,83	0,0	-3,5	-1,06
rz	14	4,0	2,5	3,10	5,0	1,0	2,53	3,5	-0,5	0,57
ril	19	7,0	5,0	5,86	9,0	6,0	7,02	10,0	1,0	4,07
i	22	9,5	7,5	8,55	12,0	9,0	10,52	14,0	11,0	12,05
i.	17	11,0	9,5	10,20	13,0	11,0	11,88	15,0	11,0	13,30
.	19	13,0	11,0	11,81	15,0	12,5	13,52	18,0	14,0	15,63
g.	18	14,0	12,5	13,16	15,5	13,0	14,14	18,0	13,0	15,74
pt.	18	13,0	12,0	12,30	13,0	11,5	12,33	14,0	11,0	12,62
rbst	39	11,33	9,50	10,29	11,06	8,23	9,73	10,50	6,73	8,75
inter	43	4,66	3,16	3,69	2,66	1,50	2,01	0,83	-1,66	-0,26
uhling	55	6,83	5,00	5,83	8,66	5,33	6,69	9,16	3,83	5,56
mmer	54	12,66	11,00	11,72	14,50	12,16	13,18	17,00	12,66	14,89
hr	191	8,87	7,16	7,88	9,22	6,80	7,90	9,37	5,39	7,23

1830 und 1831.

Monat	Zahl der Beob.	5,5 Fuſs tief Max.	Min.	Med.	4 Fuſs tief Max.	Min.	Med.	2,3 Fuſs tief Max.	Min.	Med.
t.	19	11°,5	10°,0	10°,81	11°,0	9°,0	10°,26	11°,0	8°,0	9°,76
v.	18	9,5	8,0	8,66	9,0	6,0	7,94	9,0	5,0	7,02
c.	19	7,5	6,0	6,71	6,0	4,0	5,13	4,0	2,0	3,00
1.	19	6,0	4,5	5,23	5,0	3,0	3,52	3,0	1,0	1,79
br.	16	4,5	4,0	4,34	4,0	3,0	3,50	3,0	1,0	2,15
rz	18	6,0	4,5	5,27	6,0	4,0	5,19	6,5	3,0	4,88
ril	18	8,0	6,0	6,97	9,5	6,0	7,97	10,0	6,5	8,83
ai	19	10,0	8,0	9,01	12,0	9,0	10,21	14,0	10,0	11,47
ni	19	11,5	10,0	10,65	13,0	11,0	11,94	15,5	12,0	13,52
li	17	12,5	11,5	12,03	14,5	12,5	13,67	17,0	13,5	15,67
g.	16	14,0	13,0	13,60	15,0	14,0	14,68	17,0	15,0	16,18
pt.	16	13,0	12,0	12,31	14,0	12,0	12,81	15,0	11,5	12,97
rbst	53	11,33	10,00	10,59	11,33	9,00	10,34	11,66	8,16	9,92
nter	54	6,00	4,83	5,42	5,00	3,33	4,05	3,33	1,33	2,31
ühling	55	8,00	6,16	7,08	9,17	6,33	7,79	10,16	6,50	8,39
mmer	52	12,67	11,50	12,09	14,16	12,50	13,43	16,50	13,50	15,12
hr	214	9,50	8,12	8,7	9,91	7,79	8,90	10,41	7,37	8,93

1831 und 1832.

Monat	Zahl der Beob.	5,5 Fuſs tief Max.	5,5 Fuſs tief Min.	5,5 Fuſs tief Med.	4 Fuſs tief Max.	4 Fuſs tief Min.	4 Fuſs tief Med.	2,3 Fuſs tief Max.	2,3 Fuſs tief Min.	2,3 Fuſs tief Med.
Oct.	16	12°,0	11°,0	11°,65	12°,5	10°,0	11°,81	13°,0	10°,0	[illegible]
Nov.	16	11,0	8,0	9,37	10,5	7,5	8,75	9,0	5,0	[illegible]
Dec.	16	7,5	7,0	7,12	7,0	5,5	6,18	5,0	3,0	[illegible]
Jan.	16	6,0	4,5	5,34	5,0	3,5	3,87	2,0	1,0	[illegible]
Febr.	15	5,0	4,0	4,50	4,0	3,5	3,70	2,0	1,0	[illegible]
März	16	5,0	4,0	4,25	5,5	3,5	4,59	5,0	2,0	[illegible]
April	16	7,0	5,0	6,25	8,5	6,0	7,41	9,0	6,0	[illegible]
Mai	16	9,0	7,0	8,16	11,0	6,5	9,53	13,0	9,0	[illegible]
Jun.	16	12,5	9,0	10,72	12,5	11,0	12,03	14,0	13,0	[illegible]
Jul.	16	14,0	12,5	12,75	14,0	12,5	13,03	16,5	14,0	[illegible]
Aug.	16	14,0	12,0	13,03	14,0	13,0	13,75	16,0	15,0	[illegible]
Sept.	16	11,5	11,0	11,12	13,0	12,0	12,18	14,5	12,5	[illegible]
Herbst	48	11,50	10,00	10,71	12,00	9,83	10,91	12,13	9,16	[illegible]
Winter	47	6,16	5,16	5,65	5,33	4,16	4,58	3,00	1,66	[illegible]
Frühling	48	7,00	5,33	6,22	8,33	6,00	7,18	9,00	5,66	[illegible]
Sommer	48	13,50	11,16	12,16	13,50	12,16	12,93	15,50	14,00	[illegible]
Jahr	191	9,54	7,91	8,68	9,79	8,03	8,90	9,90	[illegible]	[illegible]

1832 und 1833.

Monat	Zahl der Beob.	5,5 Fuſs tief Max.	5,5 Fuſs tief Min.	5,5 Fuſs tief Med.	4 Fuſs tief Max.	4 Fuſs tief Min.	4 Fuſs tief Med.	2,3 Fuſs tief Max.	2,3 Fuſs tief Min.	2,3 Fuſs tief Med.
Oct.	16	11°,0	9°,0	10°,40	12°,0	9°,0	10°,52	12°,5	[illegible]	[illegible]
Nov.	16	8,5	7,0	7,72	8,0	6,0	7,06	7,5	4,0	[illegible]
Dec.	16	7,0	5,0	6,06	6,0	4,5	5,06	4,0	3,0	[illegible]
Jan.	16	5,0	3,0	4,00	4,0	2,0	3,00	3,0	0,0	[illegible]
Febr.	15	5,0	3,0	4,00	5,0	2,0	3,13	3,0	0,0	[illegible]
März	16	5,0	5,0	5,00	5,0	4,0	4,65	4,0	3,0	[illegible]
April	16	7,0	6,0	6,53	7,0	6,0	6,50	7,5	4,0	[illegible]
Mai	16	16,0	8,0	11,00	17,0	8,0	11,03	18,0	8,5	[illegible]
Jun.	16	18,0	17,0	17,35	19,0	18,0	18,56	21,0	19,0	[illegible]
Jul.	16	18,0	17,0	17,68	19,5	18,0	18,93	22,5	20,5	[illegible]
Aug.	16	17,0	16,0	16,81	18,0	17,5	17,90	19,5	18,5	[illegible]
Sept.	16	16,0	14,0	14,75	17,5	16,0	16,65	18,5	17,0	[illegible]
Herbst	48	11,83	10,00	10,96	12,50	10,30	11,41	12,83	9,50	[illegible]
Winter	47	5,66	3,66	4,68	5,00	2,83	3,73	3,33	1,00	[illegible]
Frühling	48	9,33	6,33	7,51	9,66	6,00	7,39	9,83	5,16	[illegible]
Sommer	48	17,66	16,66	17,28	18,83	17,83	18,46	21,00	19,33	[illegible]
Jahr	191	11,12	9,16	10,10	11,37	9,24	10,25	11,77	8,75	10,17

1833 und 1834.

Monat	Zahl der Beob.	5,5 Fuſs tief Max.	Min.	Med.	4 Fuſs tief Max.	Min.	Med.	2,3 Fuſs tief Max.	Min.	Med.
ct.	16	14°,0	12°,0	12°,43	16°,0	12°,0	14°,43	16°,0	12°,0	13°,90
ov.	16	10,0	7,0	8,50	12,0	8,0	10,31	10,0	7,0	8,43
ec.	16	7,0	5,0	6,06	8,0	6,0	7,06	7,0	4,0	5,69
n.	16	5,0	5,0	5,00	6,0	5,0	5,43	3,0	2,0	2,43
ebr.	15	5,0	5,0	5,00	7,0	6,0	6,55	3,0	2,0	2,55
ärz	16	6,0	5,0	5,68	8,0	7,5	7,68	4,0	3,0	3,43
pril	16	8,0	6,5	7,00	9,0	8,0	8,75	6,0	4,0	5,00
ai	17	11,0	8,0	9,35	12,0	9,0	10,57	9,0	6,0	7,70
ni	16	14,0	12,0	12,56	15,0	13,0	14,28	13,0	10,0	11,50
li	16	16,0	14,0	15,25	17,0	15,0	15,84	16,0	13,0	14,43
ug.	16	16,0	16,0	16,00	18,0	17,0	17,68	16,0	16,0	16,00
ept.	16	16,0	14,0	15,25	18,0	17,0	17,59	16,0	14,0	15,00
erbst	48	13,33	11,00	12,06	15,33	12,33	14,11	14,00	11,00	12,44
inter	47	5,66	5,00	5,35	7,00	5,66	6,34	4,33	2,66	3,56
rühling	49	8,33	6,50	7,34	9,66	8,16	9,00	6,33	4,34	5,38
ommer	48	15,33	14,00	14,60	16,67	15,00	15,93	15,00	13,00	13,98
ahr	192	10,66	9,12	9,84	12,16	10,29	11,34	9,91	7,75	8,84

1834 und 1835.

Monat	Zahl der Beob.	5,5 Fuſs tief Max.	Min.	Med.	4 Fuſs tief Max.	Min.	Med	2,3 Fuſs tief Max.	Min.	Med.
Oct.	16	14°,0	12°,0	12°,56	16°,0	14°,5	15°,22	13°,0	12°,0	12°,56
Nov.	16	11,0	9,0	10,14	14,5	13,0	13,78	11,0	10,0	10,43
Dec.	16	8,0	5,0	6,87	12,0	7,5	10,53	9,0	4,0	7,62
Jan.	16	5,0	2,0	3,43	7,5	5,0	6,40	4,0	0,0	2,18
Febr.	15	3,0	2,0	2,26	5,0	5,0	5,00	2,0	0,0	0,75
Wint.	47	5,33	3,00	4,18	8,16	5,83	7,31	5,00	1,33	3,51

46) Auch von diesen Beobachtungen stelle ich die mitt-
ren Werthe in der folgenden Tabelle zusammen, obschon
e auf solche Genauigkeit, als die oben mitgetheilten, nicht
nlängliche Ansprüche haben.

Mittel aus 5 Jahren und 5 Monaten.

Monat	5,5 Fuſs tief Max.	Min.	Med.	4 Fuſs tief Max.	Min.	Med.	0,5 Fuſs tief Max.	Min.
Oct.	12°,33	10°,38	11°,39	13°,20	10°,50	12°,08	[illegible]	[illegible]
Nov.	9,91	7,66	8,76	10,41	7,51	9,07	8,53	[illegible]
Dec.	7,25	5,41	6,38	7,25	5,00	6,23	5,10	[illegible]
Jan.	5,05	3,66	4,39	6,00	3,32	5,09	2,50	0,50
Febr.	4,25	3,33	3,74	4,33	3,33	3,78	2,10	[illegible]
Märs	5,20	4,20	4,66	5,90	4,06	4,90	4,00	[illegible]
April	7,40	5,70	6,52	8,60	6,40	7,52	[illegible]	[illegible]
Mai	11,10	7,70	9,21	12,80	8,70	10,37	13,70	[illegible]
Jun.	13,40	11,00	12,29	14,50	12,80	13,74	15,70	[illegible]
Jul.	14,70	13,20	13,90	16,00	14,10	14,09	18,00	[illegible]
Aug.	15,00	13,90	14,52	16,10	15,00	15,64	17,90	[illegible]
Sept.	13,90	12,40	13,14	15,10	13,70	14,31	15,60	[illegible]
Herbst	12,04	10,21	11,09	12,90	10,37	11,87	12,1	[illegible]
Winter	5,58	4,13	4,83	5,52	3,88	4,06	3,90	[illegible]
Frühling	7,90	5,87	6,79	9,10	6,38	7,61	[illegible]	[illegible]
Sommer	14,36	12,90	13,57	15,50	13,90	14,76	17,00	[illegible]
Jahr	9,97	8,28	9,07	10,77	8,69	9,74	[illegible]	[illegible]

47) Aus beiden, weiter oben und so eben mitge[...] Zusammenstellungen gehn einige wichtige Folgerungen [...] ziehung auf die Ermittelung der Bodentemperatur durch [...] senkte Thermometer hervor.

a) Die Bodentemperatur ist selbst bis zur Tiefe von [...] nicht in allen Jahren gleich, kann daher nicht aus mona[...] ja selbst nicht aus einjährigen Messungen genau gefunden [...] den, sondern schwankt ebenso, wie die Lufttemperatur, um [...] gewisse mittlere Gröſse, die nur durch Vereinigung meh[...] Jahre aufzufinden ist.

Aus der ersten Reihe von Beobachtungen ergiebt s[...]

für 5,3 Fuſs Tiefe 1821 und 1822 Maximum = [...]
1820 — 1821 Minimum = [...]
Unterschied [...]

für 3,6 Fuſs Tiefe 1821 und 1822 Maximum = [...]
1823 — 1824 Minimum = [...]
Unterschied [...]

für 1,8 Fuſs Tiefe 1821 und 1822 Maximum = [...]
1823 — 1824 Minimum = [...]
Unterschied [...]

Aus der zweiten Reihe von Beobachtungen:

für 5,5 Fuſs Tiefe 1832 und 1833 Maximum = [...]
1829 — 1830 Minimum = [...]
Unterschied [...]

für 4 Fuss Tiefe	1833 und 1834	Maximum =	11°,34
	1829 — 1830	Minimum =	7,90
		Unterschied	3,54
für 2,3 Fuss Tiefe	1832 und 1833	Maximum =	10°,17
	1829 — 1830	Minimum =	7,23
		Unterschied	2,94

[illegible] der ersten Reihe waren die warmen Jahre 1818 und 1819 vorausgegangen und die anhaltende Wärme 1822 vollendete [illegible] Wirkung, so dass der Unterschied in der Tiefe am grössten ist, bei der zweiten zeigt sich der unmittelbare Einfluss [illegible] heissen Sommer 1833 und 1834, weswegen der Unterschied beim mittleren Thermometer am grössten ist.

b) Wie gross auch diese jährlichen Unterschiede sind, [illegible]gleichen sie sich doch in einer nicht eben grossen Reihe [illegible] Jahren in der Art aus, dass die mit der Tiefe zunehmende [illegible] deutlich erkannt wird. Hierbei darf übrigens das mittlere Thermometer nicht in Betrachtung kommen, theils weil [illegible] Einfluss der häufigen heissen Sommer auf diejenige Schicht, [illegible] es sich befand, zu gross ist, theils weil sich gerade [illegible] Instrument am wenigsten zuverlässig zeigte, wiewohl [illegible] mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen zu dürfen glaube, [illegible] die erste Ursache die allein wirksame war. Die erste Reihe [illegible] Beobachtungen giebt im Mittel für das 5,3 Fuss tiefe Thermometer 8°,87 R., für das 1,8 Fuss tiefe 8°,80, mit einem Unterschiede von 0°,07, wonach die Wärme für 50 Fuss [illegible] um 1° R. oder für 62 Fuss Tiefe um 1° C. zunimmt, [illegible] zweite Reihe giebt für 3,5 Fuss im Mittel 9°,07, für 2,3 [illegible] 8°,89 R., mit einem Unterschiede von 0°,08 R., was für [illegible] 40 Fuss oder für 1° C. 50 Fuss folgern lässt, die erste [illegible]stimmung der Wahrheit am nächsten kommend, wie sich [illegible] der grösseren Genauigkeit der ersteren Reihe von selbst [illegible]warten liess. Uebrigens geht aus den gegebenen Zusammenstellungen genügend hervor, dass so kleine Tiefenunterschiede [illegible] Messen der Wärme im Innern der Erde nicht geeignet [illegible].

c) Obgleich es schwer hält, bei den grossen Unterschie[illegible] allgemeine Gesetze aufzufinden, so darf man doch wohl [illegible]nehmen, dass die mittlere Bodentemperatur die der Luft unter der hiesigen Breite übertrifft. Die von mir mit grosser

Sorgfalt aufgezeichneten Grade eines nach Norden frei
genden Thermometers geben ein vortreffliches Mittel der
gleichung, wenn die Beobachtungen um 9 Uhr Morgen
Abends hierzu gewählt werden[1]. Mit Berücksichtigung
Umstandes, dafs die Messungen der Bodentemperatur
mit dem September, theils mit dem Februar und theils
dem October anfangen, ergiebt sich folgende Vergleichung

Jahre	Mittlere Thermometerstände			
	Tiefstes Th.	Mittl. Th.	Höchstes Th.	Th. im Freien
1820 und 1821	8°,21	8°,63	8°,40	7°,24
1821 — 1822	10,75	10,01	9,67	9,08
1822 — 1823	8,62	8,54	8,40	7,34
1823 — 1824	8,39	8,51	8,79	7,31
1824 — 1825	8,42	8,99	9,33	8,29
1826 — 1827	8,99	9,09	8,91	7,94
1827 — 1828	8,80	8,56	8,70	7,88
1829 — 1830	7,88	7,90	7,23	9,47
1830 — 1831	8,79	8,90	8,93	7,99
1831 — 1832	8,68	8,90	8,43	8,09
1832 — 1833	10,10	10,25	10,17	7,69
1833 — 1834	9,84	11,34	8,84	9,20
Mittel aus den ersten sieben Jahren . .	8,88	8,89	8,61	7,97
Allgem. Mittel . .	8,95	9,12	8,77	7,85

Die Beobachtungen um 9 Uhr Morgens und 9 Uhr A
geben die mittlere Temperatur der Luft zu gering
müssen erst auf die demnächst anzugebende Weise
werden. Geschieht dieses, so erhalten wir für die beide
teren Werthe 7,951 und 7,931, noch etwas geringer
hiesige mittlere, wegen des kalten Jahres 1829). Neh
als mittlere Bodenwärme diejenige an, welche das ang
Fufs tief eingesenkte Thermometer zeigte, so übertrifft
mittlere Lufttemperatur nach den Resultaten des erste

1 Es sey mir erlaubt hier zu bemerken, dafs der in der
rologischen Literatur rühmlichst bekannte Dr. Brandes, di
geführten Witterungsregister von 1819 bis 1836 geordnet und
net hat, wodurch für die Meteorologie von Heidelberg ein
Schatz gewonnen worden ist.

ahre um 0°,86 R. und nach denen aus allen 12 Jahren um °,84 R., wobei das nahe Zusammentreffen beider Grösen zu-leich für die Genauigkeit der Messungen bürgt[1]. Dafs die ittlere Temperatur des Bodens höher sey als die der Luft, ehauptete schon MAIRAN[2], welcher annahm, dafs namentlich n Winter die Luft durch den Boden erwärmt werde, ein esultat, auf welches auch HALES[3] durch seine Versuche ge-ührt wurde.

d) Die Unterschiede der Temperaturen nehmen mit der Tiefe ab, und wenn die erhaltenen Grösen für genau gelten önnen, so läfst sich das Gesetz dieser Abnahme aus ihnen ufinden, zu welchem Ende ich zuerst die Resultate der Be-bachtungen zusammenstelle.

Absoluter Unterschied zwischen dem Maximum und Minimum.

Erste Reihe Beobachtungen.

Jahr	5,3 F.	3,6 F.	1,8 F.
1820	10°,8	12°,7	16°,6
1821	9,6	11,3	17,2
1822	11,4	12,9	18,0
1823	9,8	11,8	16,4
1824	11,6	10,6	19,3
1826	12,0	13,0	18,6
1827	10,9	12,8	18,0
1828	9,8	12,0	18,2
Mittel	10,74	12,14	17,78

Zweite Reihe Beobachtungen.

Jahr	5,5 F.	4 F.	2,3 F.
1829	12°,0	15°,0	21°,5
1830	10,0	12,0	16,0
1831	10,0	10,5	15,5
1832	15,0	17,5	22,5
1833	11,0	13,0	14,0
Mittel	11,60	13,60	17,90

Nach der oben angegebenen Formel von FOURIER und OISSON, wonach

$$\text{Log}\,\Delta p = a + bp$$

st, ergiebt sich für die erste Reihe von Beobachtungen

$$\text{Log}\,\Delta p = 1,2499318 - 0,04025\,p$$

nd für die zweite

---

1 Wenn die hier erhaltenen mittleren Werthe mit den oben an-gegebenen nicht genau übereinstimmen, so liegt die Ursache darin, dafs dort mehrere Monate des Jahres 1828 auf 1829 und 1834 auf 1835 aufgenommen worden sind, die hier fehlen.

2 Mém. de l'Acad. 1719 und 1767.

3 Veget. Staticks T. I. p. 61.

$$\text{Log.}\,\Delta p = 1{,}2528530 - 0{,}03729\,p.$$

Nehmen wir unter hiesigen Breiten den Unterschied der Temperatur zunächst unter der Oberfläche des Erdbodens oder in 1 bis 2 Fuſs Tiefe = 17°,8 R. an, so wird im Mittel aus beiden gefundenen Werthen

$$\text{Log.}\,\Delta p = 1{,}25042 - 0{,}03877\,p,$$

welcher Ausdruck für einen verschwindenden Wechsel der Temperatur von 0°,01 R. die Tiefe p = 83,84 Par. Fuſs giebt. Die in einzelnen Jahren gefundenen Unterschiede der Grade des untersten Thermometers, verglichen mit denen des oberen, würden zwar diese Tiefe etwas verschieden geben, allein es läſst sich erwarten, daſs durch Vereinigung vieljähriger, unter ungleichen Bedingungen gemachter Beobachtungen das Resultat der Wahrheit stets näher gebracht wird. Die Verschiedenheit der durch beide Reihen meiner Versuche gefundenen Coefficienten von p scheint mir auf keinen Fall durch Beobachtungsfehler herbeigeführt worden zu seyn, sondern ist augenscheinlich durch die ungleiche Leitungsfähigkeit des Bodens bedingt, sofern lockerer Sand ein besserer Wärmeleiter ist und zugleich das Wasser der Hydrometeore schneller und tiefer in ihn eindringt, wonach also die Unterschiede der Temperaturen bis zu gröſseren Tiefen hinabreichen.

e) Auf gleiche Weise, als die Unterschiede der Temperaturen in den einzelnen Jahren verschieden sind, zeigt sich diese Ungleichheit auch rücksichtlich der Zeiten, in welche die Maxima und Minima derselben fallen, was aus dem früheren oder späteren Eintritte der Sommerhitze und Winterkälte, so wie aus der ungleichen Intensität und Dauer beider von selbst erklärlich wird. Die einzelnen Tage, auf welche die Extreme fallen, sind zwar nicht stets genau bestimmbar, weil die höchsten und tiefsten Thermometerstände zuweilen mehrere Tage unverändert anhalten, zuweilen auch nach zwischenliegenden Aenderungen wiederkehren, im Ganzen aber enthalten die folgenden Tabellen mit annähernder Genauigkeit die Maxima und Minima, und zwar die ersteren nur für 12 Jahre, weil die Beobachtungen im Jahre 1820 erst im September anfingen und 1835 mit dem Schlusse des Monats Februar endigten. Die Maxima fallen zuweilen auf zwei ziemlich weit von einander abstehende Tage, was eine Folge eintretender Wärme, dann folgender Regenperiode und wie-

kehrender Hitze zu seyn scheint; bei den Minimis findet war eine anhaltende Dauer, aber kein doppelter Eintritt statt.

Perioden des Maximums.

Jahr	Tiefstes Therm.	Mittleres Therm.	Höchstes Therm.	Freies Therm.
1821	3 Sept.	28 Aug.	26 Aug.	23 Aug.
1822	10 Juli u. 28 Aug.	28 Jun. u. 10 Juli	7 Juli	7 Juni
1823	7 Sept.	1 Sept.	31 Aug.	26 Aug.
1824	7 u. 17 Sept.	7 Sept.	14 Juli	12 Aug.
1825	21 Aug.	12 Aug.	18 Juli	18 Juli
1826	30 Aug.	28 Aug.	5 Juli u. 4 Aug.	2 Aug.
1827	14 Aug.	1 Aug.	2 Aug.	30 Juli
1828	12 Juli	8 Juli	6 Juli	5 Juli
1830	14 Aug.	7 Aug.	30 Juli	30 Juli
1831	7 Aug.	1 Aug.	30 Juli	2 Aug.
1832	5 Aug.	13 Juli u. 1 Aug.	15 Juli	14 Juli
1833	5 Juli	7 Juli	17 Juli	11 Juni
1834	17 Aug.	13 Aug.	27 Juli	18 Juli
Mittel	16 Aug.	5,5 Aug.	28 Juli	22,5 Juli

Die Extreme entfernen sich von diesen Mitteln, densel- vorauseilend oder dahinter zurückbleibend, bei dem tief- Thermometer um 42 und 31 Tage, bei dem mittleren um und 32 Tage, bei dem höchsten um 22 und 29 Tage und dem freien um 41 und 35 Tage. Merkwürdig ist hierbei, nächst dem Thermometer im Freien das tiefste die gröss- Abweichungen vom Mittel zeigt und dass sie mit ver- derter Tiefe abnehmen.

Perioden des Minimums.

Jahr	Tiefstes Therm.	Mittl. Therm.	Höchstes Therm.	Freies Therm.
1821	21 Febr.	14 Febr.	21 Febr.	2 Januar
1822	1 Febr.	21 Jan.	14 Jan.	8 Januar
1823	10 Febr.	5 Febr.	14 Jan.	23 Januar
1824	4 Febr.	1 Febr.	17 Jan.	9 Januar
1825	1 Febr.	14 Febr.	9 Febr.	7 Febr.
1826	18 Febr.	6 Febr.	1 Febr.	10 Jan.
1827	28 Febr.	23 Febr.	22 Febr.	17 Febr.
1828	24 Febr.	22 Febr.	21 Febr.	17 Febr.
1830	20 Febr.	10 Febr.	6 Febr.	1 Febr.
1831	5 Febr.	3 Febr.	29 Jan.	31 Jan.
1832	5 Febr.	27 Jan.	13 Jan.	5 Jan.
1833	1 Febr.	3 Febr.	23 Jan.	11 Jan.
1834	15 Jan.	11 Jan.	15 Jan.	11 Febr.
1835	7 Febr.	5 Febr.	1 Febr.	7 Jan.
Mittel	8,5 Febr.	4,5 Febr.	30 Jan.	21 Jan.

Die Extreme der Minima entfernen sich weniger von diesen Mitteln, als die der Maxima; die Abweichung beträgt beim tiefsten Thermometer 24 und 17 Tage, beim mittleren 24 und 18 Tage, beim höchsten 16 und 23 Tage, beim freien 19 und 27 Tage. Sowohl bei den Maximis als auch den Minimis sieht man, daſs sie um so viel später eintreten, je tiefer die Thermometer eingesenkt sind, wonach sie also im Ganzen durch die Einflüsse der äuſsern Temperatur bedingt werden. Die Abstände zwischen den Mitteln der Maxima und Minima betragen für den Uebergang der ersteren zu den letzteren beim tiefsten Thermometer 177 Tage, beim mittleren 182 Tage, beim höchsten 186 und beim freien 183 Tage, für den Uebergang der letzteren zu den ersteren beim tiefsten Thermometer 188 Tage, beim mittleren 183, beim höchsten 179 und beim freien 182 Tage. Bei den unbedeutenden Unterschieden der zusammengehörenden Gröſsen, die bei den mittleren und freien Thermometern gänzlich verschwinden, dürfte im Ganzen Fourier's Behauptung der Gleichheit beider durch eine längere Reihe von Beobachtungen Bestätigung

...den, jedoch ist es wohl möglich, dafs auch das durch Kämtz[1] ...fundene Resultat, wonach der Uebergang zum Minimum ...neller erfolgt, als zum Maximum, das richtige sey.

...) Es könnte befremden, dafs die Maxima und Minima der ...eren Thermometer zuweilen früher eintreffen, als die der ...eren; allein dieses läfst sich leicht erklären, sobald man ...rücksichtigt, dafs nicht selten auf eine Periode warmer Re... oder anhaltender hoher Luftwärme, deren Wirkungen bis ...iefern Schichten dringen, nach einer folgenden von ent...gegengesetztem Einflusse, eine neue eintritt, deren Wirkung ...ht so tief eindringt, weil sie nur kurze Zeit dauert und ...noch nicht die tieferen, wohl aber die höheren Thermo...meter afficirt. Hierin liegt dann zugleich der Grund, warum ...ähnlichen absoluten Maxima zuweilen nach bedeutenden ...nommen wieder eintraten. Es läfst sich ferner nicht in Ab...rede stellen, dafs eine Temperaturänderung um so viel schneller ...in gleichen Tiefen eindringen werde, je gröfser der Un...terschied ist, den sie herbeiführt, und da die Gröfsen der eintre...tenden Wechsel sehr ungleich sind, indem nach etwas anhal...tender Kälte eine gröfsere oder geringere Wärme erfolgt oder ...umgekehrt, so läfst sich nicht füglich bestimmen, wie lange ...eine Temperaturveränderung von unbestimmter Intensität ...darf, um einen Wärmeunterschied von 1° C. in einer gewissen ...fe zu erzeugen. Der durch Quetelet aus dem Verhalten des ...Fufs tief eingesenkten Thermometers entnommene Satz, dafs ...Wärme 6 Tage gebraucht, um einen Raum von 1 Fufs zu ...chdringen, kann daher aus den von mir angegebenen ...imis und Minimis nicht geprüft werden, es war mir in... auch unmöglich, dieses Gesetz aus den Originalbeobach...gen aufzufinden, weil noch folgendes sehr zu beachtende ...derniſs entgegensteht. Man ist geneigt, die Veränderungen ...s tiefern Thermometers als lediglich durch den Einfluſs ...höheren Schichten herbeigeführt zu betrachten, wonach ...sich also zuerst in den letzteren zeigen müssen, ehe sie in ...ersteren wahrnehmbar werden. Wäre diese Voraussetzung ...lut richtig, so würde es leicht seyn, die zum Durchdrin... der Wärme durch eine Schicht von gegebener Dicke er...derliche Zeit aufzufinden; allein jedes eingesenkte Thermo-

[1] Meteorologie. Th. I. S. 126.

meter wird nicht blofs durch die von oben zugeführte oder dahin ausströmende Wärme afficirt, sondern auch durch die der unter ihm befindlichen Schichten, und sein Stand ist daher das Resultat des stets gleichzeitigen Conflictes dieser beiden Ursachen, deren Wirkungen nicht leicht zu trennen und einzeln zu schätzen sind. Diese Sätze sind wohl unbezweifelt richtig, sie verdienen indefs noch eine nähere Betrachtung, um so mehr, als sie mit einer andern, allerdings sehr problematischen Erscheinung zusammenhängen.

g) Da bis jetzt noch keine Beobachtungen bekannt geworden sind, welche eine gleiche Menge von Jahren umfassen, die noch aufserdem einen höchst verschiedenen allgemeinen Charakter der Witterung zeigten, so füge ich um so mehr noch eine Bemerkung hinzu, als ich hoffe, dafs der sie veranlassende wichtige Gegenstand bei künftigen und schon gegenwärtig bestehenden Beobachtungen, wie diese namentlich bereits durch Arago und Quetelet in einem weit gröfseren Mafsstabe angestellt werden, Beachtung finden wird, um die fragliche Folgerung entweder zu bestätigen oder zu widerlegen. Nach den vorliegenden Resultaten läfst sich im Allgemeinen nicht in Abrede stellen, dafs die Erwärmung des Bodens vom Einflusse des Sonnenlichtes, der Hydrometeore und der über den Boden hinstreichenden Luftströmungen abhängt. Die durch die Sonnenstrahlen erzeugte Wärme der oberen, nur etwa bis zwei Zoll Tiefe hinabreichenden Erdkruste, wie sie in der oben §. 40 mitgetheilten Tabelle angegegeben worden ist, schwindet fast augenblicklich, wenn das Sonnenlicht durch eine Wolke oder einen sonstigen beschattenden Gegenstand aufgefangen wird, und verliert sich allmälig beim niedrigern Stande der Sonne und anhaltender Trübung des Himmels, und ebenso wird die durch die beiden andern Ursachen mitgetheilte Wärme nicht blofs durch das Aufhören dieser Einwirkungen wieder verloren, sondern ebendiese erzeugen auch, wenn sie selbst nicht mehr erwärmt sind, im Gegentheil Kälte. Es wird dann allgemein angenommen und geht auch als Endresultat aus den mitgetheilten Messungen hervor, dafs die Zunahme der Wärme von oben herab zu den unteren Schichten übergeht und ebenso die Abnahme zuerst oben anfängt und allmälig auch die tieferen Schichten trifft. Die kürzere oder längere Zeit, welche zwischen den hieraus folgenden beiden

nmen liegt, hängt denn von der gröfseren oder geringe-
Leitungsfähigkeit der betreffenden Erdschichten ab. Zu-
len ist sehr auffallend wahrnehmbar, dafs die äufsere Tem-
tur nach bereits eingetretener Verminderung wieder steigt
l hierdurch ein Stillstand oder selbst ein Steigen des nächst-
nden Thermometers erzeugt wird. So unverkennbar die-
Resultat im Ganzen ist, um so merkwürdiger sind einige
e, in denen eine tiefere Erdschicht für sich selbst von der
rme zur Kälte überzugehn schien. Wäre eine Erschei-
g dieser Art nur einmal vorgekommen, so müfste man die-
als eine Folge von Beobachtungsfehlern ansehn, wiewohl
st die genau zutreffenden Endresultate nicht wohl überein-
men würden, der Umstand aber, dafs ebendieses mehr-
l und nicht blofs bei den hiesigen, sondern auch bei den
ettinger Beobachtungen vorgekommen ist, hat meine Auf-
samkeit rege gemacht, und scheint mir genügender Grund
ein, die Sache nicht unbemerkt vorbeizulassen. Die Fälle,
denen diese Erscheinung vorkam, sind folgende, wenn ich
wol die weniger, als auch die mehr auffallenden aufzähle.
e drei Thermometer mögen das tiefste A, das mittlere B und
s oberste C heifsen.

Am 19ten Sept. 1820 zeigte	A 13°,0	B 13°,7	C 13°,7
21sten — — —	A 12,9	B 13,3	C 12,2
23sten — — —	A 12,9	B 13,0	C 11,3

Am 16ten Sept. 1821 zeigte	A 13°,1	B 13°,7	C 13°,6
— 17ten — — —	A 13,0	B 13,5	C 13,2
— 19ten — — —	A 12,9	B 13,3	C 13,0
— 22sten — — —	A 12,6	B 13,0	C 12,5
— 25sten — — —	A 12,6	B 13,0	C 13,1
— 30sten — — —	A 12,4	B 13,0	C 12,2

iesem Falle kam C am 22sten auf seinen tiefsten Stand,
am 23sten wieder auf 12°,9 und fing erst am 27sten an
allen, A und B kamen erst am 5ten October beide auf
2.

Am 28sten Aug. 1822 zeigte	A 14°,3	B 15°,1	C 15°,5
— 13ten Sept. — —	A 14,0	B 14,5	C 14,8
— 25sten — — —	A 13,5	B 13,7	C 13,6
— 27sten — — —	A 13,5	B 13,5	C 13,0

In der Zwischenzeit zwischen dem 28sten Aug. bis zum 26sten Sept. stand A unausgesetzt tiefer als B und C.

4) Am 11ten Sept. 1823 zeigte A 13°,5 B 14°,2 C 14°,7
— 23sten Sept. — — A 13,0 B 13,3 C 13,0

In der Zwischenzeit stand A stets tiefer als B und C.

5) Am 18ten Aug. 1827 zeigte A 14°,1 B 14°,1 C 15°,6
— 24sten — — A — — A 13,9 B 13,9 C 14,8

In der Zwischenzeit war A stets 0°,1 tiefer als B und 1° bis 1°,5 tiefer als C.

6) Am 21sten Aug. 1831 zeigte A 14°,0 B 15°,0 C 16°,0
— 7ten Sept. — — A 13,0 B 13,5 C 14,0

In der Zwischenzeit stand A stets 0°,5 tiefer als B und 2° tiefer als C.

7) Am 11ten Aug. 1832 zeigte A 14°,0 B 14°,0 C 15°,0
— 13ten — — — A 13,0 B 14,0 C 16,0
— 31sten — — — A 12,0 B 13,0 C 15,0
— 7ten Oct. — — A 11,0 B 12,0 C 12,5

In der Zwischenzeit stand A stets 1° tiefer als B und 2° bis 2°,5 tiefer als C.

8) Am 21sten Juli 1833 zeigte A 18°,0 B 19°,5 C 22°,0
— 23sten — — — A 17,0 B 18,0 C 20,0
— 16ten Oct. — — A 12,0 B 14,0 C 14,0

In der Zwischenzeit stand A stets 1° bis 2°,5 tiefer als B und 2° bis 2°,5 tiefer als C.

9) Am 11ten Sept. 1834 zeigte A 16°,0 B 18°,0 C 16°,0
— 13ten — — — A 15,0 B 17,5 C 16,0
— 29sten — — — A 14,0 B 17,0 C 14,0
— 13ten Oct. — — A 12,0 B 15,0 C 13,0

In der Zwischenzeit stand A stets 2° bis 3° tiefer als B und entweder gleich mit C oder 1° höher.

Man übersieht bald, daſs dieses Ergebniſs nichts so sehr Auffallendes hat und sich leicht erklären läſst; denn in allen Fällen war die Temperatur von A höher als die mittlere der unter ihm befindlichen Erdschicht; es muſste daher mehr Wärme an diese abgeben, als es von derjenigen erhielt, in welcher sich B befand; inzwischen beweisen diese Thatsachen doch augenfällig, daſs das Steigen und Fallen eines Thermometers in einer gewissen Tiefe nicht allein und ausschlieſslich

ch das Verhalten der Wärme in der über dieser befindli-
n Erdschicht bedingt wird. Um desto auffallender sind
r folgende Resultate.

1) Am 8. Dec. 1824 zeigte A 6°,4 B 7°,3 C 8°,0
— 11. — — — A 6,0 B 7,0 C 7,9
— 21. — — — A 5,0 B 6,7 C 7,2
— 4. Jän. 1825 — A 4,0 B 5,9 C 1,7
— 7. — — — A 3,0 B 5,0 C 1,5
— 30. — — — A 2,0 B 4,1 C —0,1
— 1. Febr. — — A 1,8 B 4,0 C —0,2

ischen dem 8. und 26. Dec. war A stets niedriger als B
d C, welches letztere am 13. Nov. bis 6°,6 herabging, dann
ier stieg und schon am 24. Nov. 7°,3 zeigte, als A bis
2 herabgegangen war. Da aber die Wärme jenes tieferen
s von 6°,6 diejenige übertrifft, auf welche A bald dar-
f herabging, so können auch keine kalten Hydrometeore
hr Herabsinken die Temperatur der Erdschicht, worin sich
ndet, vermindert haben, wobei doch immer unbegreiflich
würde, warum diese nicht zuvor einen Einflufs auf B
t haben sollten. Erst am 26. Dec. kam C wieder so tief
als A, sank dann tiefer, und blieb in diesem Verhält-
bis es durch Steigen am 13. Febr. A wieder einholte, in-
letzteres 2°,5, ersteres aber 3°,0 zeigte; B dagegen stand
ndig höher als A, erreichte am 14. Febr. sein Minimum
3°,7, stieg von da an, wurde aber, was nicht minder
würdig ist, von dem gleichfalls steigenden A am 26.
wieder eingeholt, indem A an diesem Tage 4°,3, B aber
zeigte, blieb dann hinter A zurück, bis beide am 11.
mit 4°,4 einen gleichen Stand erhielten, worauf B aber
hinter A zurückblieb, am 28. März aber bei einem glei-
Stande beider von 4°,5 dasselbe wieder einholte und
da an ihm stets vorauseilte. Diese Monate lang an-
de Abnormität ist so aufserordentlich, dafs ich vor der
noch gar keine Erklärung derselben wage und nur wünsche,
andere längere Zeit fortdauernde Beobachtungen auch
ser Hinsicht Beachtung finden mögen. Nur noch ein
r ähnlicher Fall ist in den Beobachtungsregistern ent-

. Am 17. Nov. 1834 zeigte A 9°,0 B 11°,0 C 9°,0
— 19. — — — A 7,0 B 9,0 C 7,0

Am 13. Dec. 1834	zeigte	A 6,0	B 7,0	C 6,0
— 23. — —	—	A 5,0	B 6,0	C 5,0
— 7. Jan. 1835	—	A 5,0	B 5,0	C 3,0

Vom 15. Nov. bis 19. Dec. waren A und C einander gleich, dann aber ging letzteres unter ersteres herab, B aber stand vom 15. bis 27. Nov. um 2°,0, von da an bis 5. Jan. um 1° höher als A, blieb diesem dann gleich und eilte vom 25. Jan. an demselben wieder voraus. Auch in diesem Falle ging A unter die mittlere Bodentemperatur herab und die Wärme konnte ihm also nicht durch tiefere Schichten entzogen werden.

47) Gustav Bischof[1] zu Bonn hat 1835 eine Vorrichtung hergestellt, um das Verhalten der Bodentemperatur zu untersuchen, die von den bisher angewandten merklich abweicht. Es war zu diesem Ende im freien Felde ein ausgemauerter Schacht von 24 Fuſs Tiefe und 3,5 Fuſs Durchmesser abgeteuft worden. In diesen wurden guſseiserne hohle Cylinder in Tiefen von 6, 12, 18 und 24 Fuſs gestellt, mit einem eisernen Deckel luft- und wasserdicht verschlossen. Durch diesen Deckel gingen zwei Bleirohre bis zur Oberfläche der Erde, deren eins bis auf den Boden des Gefäſses herabreichte, das andere aber nur bis zur Oberfläche des Wassers, womit das Gefäſs erfüllt war; der übrige Raum des Schachtes wurde mit Sande ausgefüllt. Hat hiernach das Wasser in den Gefäſsen die Temperatur der Erdschicht, worin das Gefäſs herabgesenkt ist, angenommen, was um so sicherer geschieht, da es von einer Messung bis zur andern, also auf jeden Fall 24 Stunden, darin bleiben kann, so wird vermittelst einer Luftdruckpumpe durch das eine Bleirohr, dessen untere Oeffnung nur bis unter den Deckel des Gefäſses herabgeht, Luft eingepreſst und hierdurch das Wasser des Gefäſses bis zur Oberfläche getrieben, wo seine Temperatur dann gemessen werden kann, indem man ein Thermometer in den ausflieſsenden Wasserstrahl hält. Bischof glaubte, daſs das Wasser bei diesem Auftreiben nicht füglich seine Temperatur durch äuſsere Einflüsse ändern könne, allein wenn das ausgelaufene Wasser jedesmal durch neues, von abweichender Temperatur, ersetzt werden muſs, so kann dieses bei öfterer Wiederholung nicht

1 Poggendorff Ann. XXXV. 220.

hne Einfluſs seyn, und auf jeden Fall können die Beobach-
ungen nicht alle 24 Stunden angestellt werden, weil die be-
rutende Menge des Wassers die Temperatur nicht leicht und
chnell annimmt, den groſsen Zeitaufwand bei dieser Vorrich-
ng nicht zu rechnen. Auſserdem aber zeigte sich bei den
i anhaltender Kälte statt findenden Messungen, daſs das
getriebene Wasser die Bleiröhren nicht genügend zu er-
rmen vermochte, und bei sonach ungewissen und zweideu-
gen Resultaten muſste diese Methode ganz aufgegeben wer-
n, die wegen des groſsen Wärmeleitungsvermögens der bis
r Oberfläche reichenden Bleiröhren im voraus als unzulässig
scheinen konnte. BISCHOF[1] lieſs daher im Februar 1836
e ganze Vorrichtung wieder herausnehmen, den Schacht aber,
o sie gestanden hatte, bis etliche 40 Fuſs Tiefe nieder-
ufen und ausmauern, dann aber hölzerne Röhren von 36,
, 24, 18, 12 und 6 Fuſs rhein. Länge und 7 Zoll Seite so
setzen, daſs sie einander nirgends berührten. In diese Röh-
n lieſs er mit Wasser gefüllte Bouteillen, die zwischen zwei,
it hölzerne Leisten festgehaltene, Bretchen gestellt waren,
auf den Grund der genannten Röhren hinab; am oberen
nde befand sich ein Bügel von Eisendraht, welcher durch
n Haken an einem Seile leicht gefaſst und so die Bou-
le mit ihrem Halter schnell heraufgezogen werden konnte.
m Abhalten der äuſseren Luft diente ein Embolus von Werg
Leinwand an einer 6 Fuſs langen hölzernen Stange, und
erdem wurde der Raum über diesem mit Werg ausgefüllt,
n der ganze Schacht wieder mit Erde gefüllt und gegen
Eindringen des meteorischen Wassers durch ein Dach
hützt. Die Flaschen muſsten demnach die Temperatur des
ns in der Tiefe, wo sie standen, annehmen, für die Beob-
ungen aber wurden sie nach dem Aufziehen der Stopfer
ell heraufgezogen, ein Thermometer in das enthaltene
ser herabgesenkt und dieses nach einer Minute ab-
sen.

Diese Methode, zu deren Nachahmung der sehr thätige
hne auch Andere auffordert, hat den Vortheil, daſs man
geringeren Schwierigkeiten bis zu gröſseren Tiefen gelan-

[1] Die Wärmelehre des Innern unsers Erdkörpers u. s. w. S. 98.

gen kann, allein sie hat auch ihre Mängel. Unter diesen steht voran, dafs die gewöhnliche Beschaffenheit des Bodens schon durch das Abteufen und Ausmauern eines Schachtes so wie durch das Abhalten des meteorischen Wassers und die ungleich hohe, über den Flaschen befindliche Luftsäule bei weitem mehr geändert wird, als wenn man ein enges Bohrloch macht, ein Thermometer einsenkt und dann die Oeffnung mit derselben Erde wieder ausfüllt. Ein zweiter Mangel liegt darin, dafs man nicht oft genug beobachten kann, um den eigentlichen Gang der Schwankungen und des Wechsels der Temperaturen in verschiedenen Tiefen und den Zeitpunct genau wahrzunehmen, wann die Veränderungen beginnen. Der gröfsten Schärfe thut es ferner einigen, wenn auch nur geringen Abbruch, dafs beim Herausnehmen der Flasche die Röhre geöffnet werden mufs, wobei namentlich in der kalten Jahreszeit sofort ein Strom kalter Luft in dieselbe hinabsinkt, nicht gerechnet, dafs auch die Temperatur des Wassers in der Flasche sich ändert und daher diese an ihren Ort wieder hinabgelassen der Umgebung eine absolut zwar unbedeutende, dennoch aber einigen Einflufs äufsernde Menge Wärme entziehen oder zuführen mufs. Alle diese Hindernisse fallen bei eingesenkten Thermometern weg, auch kann man dem störenden Einflusse der ungleichen Wärme in den oberen Schichten der Erde auf den Flüssigkeitsfaden in der langen Röhre solcher Thermometer leicht begegnen, wenn man nur sehr weite Gefäfse an eigentlichen Haarröhrchen dazu wählt. Es läfst sich leicht ein Cylinder von 1 Zoll Durchmesser und 2 Zoll Höhe an ein Haarröhrchen von 0,05 Lin. Durchmesser anschmelzen, wobei der kubische Inhalt der Flüssigkeiten in beiden sich verhält wie $R^2 h : r^2 H$, also bei einem 24 Fufs oder 288 Zoll langen Rohre wie 1 : 0,0025, und da die Ausdehnungen den Massen direct proportional sind, so würde $t' = t\,(1 \pm 0{,}0025)$ seyn, wenn t' die corrigirte und t die gemessene Temperatur bedeutet, was für 5 Grade erst etwas mehr als 0°,01 ausmacht und innerhalb der Fehlergrenze liegt, nicht zu gedenken, dafs man bei solchen Thermometern das Gefäfs immerhin verhältnifsmäfsig noch erweitern kann. Allerdings ist es schwierig, Thermometer von 24 Fufs Länge zu verfertigen, jedoch ist die Aufgabe keineswegs unmöglich, nur darf man zum Füllen derselben wegen des zu starken Druckes

in Quecksilber wählen; auch scheint mir Weingeist keine
eignete Flüssigkeit zu seyn und ich würde statt dessen Pe-
leum oder Schwefelsäure vorschlagen[1]. Will man aber bis
Fuſs Tiefe herabgehn, so ist die Anwendung der einge-
kten Thermometer unzulässig und das von Bischof vor-
chlagene Verfahren um so geeigneter, je seltener man we-
n der unbedeutenden Aenderung der Temperatur die Mes-
gen anstellen muſs.

48) Bischof konnte anfangs nur 9 Monate lang ange-
llte Beobachtungen in Rechnung nehmen, wobei er jedoch
Veränderungen des tiefsten Thermometers durch Schätzung
nähernd bestimmt. Durch Combination der mit allen 4
ermometern erhaltenen Werthe wird dann für rheinische
ſs und Grade der achtzigtheiligen Scale

$$\text{Log. } \Delta p = 1{,}0258387 - 0{,}0415604\, p$$

funden, wonach die jährliche Variation der Temperatur in
3,7 rhein. Fuſs nur noch 0°,15 R. und in 72,8 Fuſs 0°,01 R.
eträgt, mithin die Veränderung der Wärme in einer Tiefe
on 70,3 Par. Fuſs verschwindet. Dieses kommt am nächsten
it der von Quetelet gefundenen Gröſse überein, welcher
r 0°,01 C. eine Tiefe von 67,8 Par. Fuſs erhielt. Durch
ätere Beobachtungen wurde der ganzjährige Cyclus ergänzt
d somit ergaben sich aus der Gesammtsumme folgende Re-
ltate. Es waren für die Tiefen

	36 F.	30 F.	24 F.	18 F.	12 F.	6 F.
Jährl. Mittel	8°,458	8°,287	8°,137	8°,018	7°,856	7°,795
Unterschied des Max. u. Min.	0,65	1,25	2,20	3,90	6,50	9,90

ie Quotienten der Differenzen zwischen dem Maximum und
inimum sind für gleichmäſsig wachsende Tiefen nicht gleich,
ie sie nach der angegebenen und jetzt allgemein angenom-
enen Formel seyn müſsten, sondern sie wachsen, und zwar
scheinend nach einem regelmäſsigen Gesetze. Sie sind, von
Fuſs Tiefe angefangen, folgende:

1,5230; 1,666; 1,772; 1,760; 1,923,

orin bloſs die Beobachtungen in 30 Fuſs Tiefe eine bedeu-
nde Abweichung zeigen. Setzt man dagegen

---

1 S. *Thermometer*.

$$\Delta_n = \frac{\Delta_1}{e(e+m)(e+2m)\ldots(e+(n-2)m)},$$

worin Δ_1 die jährliche Schwankung oder den Unterschied zwischen dem Maximum und Minimum für 6 Fuſs Tiefe, Δ_n aber diese Gröſse bei einer $n \times 6$ Fuſs groſsen Tiefe bedeutet und $m = 0,1$ ist, so müſsten bei einer gleichmäſsigen Folge jene Quotienten 1,53, 1,63, 1,73, 1,83 und 1,93 seyn und man erhielte dann folgende Werthe:

Tiefen	Werth von Δ_n beobachtet	Werth von Δ_n berechnet	Unterschiede
6 Fuſs	9°,90	9°,900	0°,000
12 Fuſs	6,50	6,470	0,030
18 Fuſs	3,90	3,9696	—0,070
24 Fuſs	2,20	2,2946	—0,090
30 Fuſs	1,25	1,254	—0,004
36 Fuſs	0,65	0,65	0,000

Die Unterschiede sind so unbedeutend, daſs sie innerhalb der Fehlergrenze liegen und das Gesetz der Abnahme der Differenzen der jährlichen Schwankungen für zunehmende Tiefen durch diese Beobachtungen als ausgemittelt erscheinen müſste, wenn diese, mehrere Jahre hindurch fortgesetzt, stets das nämliche Verhalten zeigten. Nach dieser Formel würde in 60 rhein. Fuſs Tiefe die jährliche Differenz nicht mehr als 0°,0119 R. betragen, mithin zu verschwinden anfangen; es läſst sich jedoch weder dieses Gesetz, noch auch viel weniger das der Wärmezunahme mit der Tiefe, die hiernach gröſser seyn würde, als sie an andern Orten gefunden worden ist, aus diesen Messungen ermitteln, weil ihre Zeitdauer hierfür zu kurz ist.

49) Boussingault[1] hat unsere Kenntniſs der Temperaturen in den Tropenländern America's, und namentlich der dortigen Bodentemperatur, durch eine groſse Reihe von Versuchen ausnehmend erweitert. Hieraus geht das unerwartete Resultat hervor, daſs dort die mittlere Temperatur schon durch das Einsenken eines Thermometers bis zur Tiefe von etwa einem Fuſs gefunden werden kann, indem dann schon die Unterschiede zwischen den Maximis und Minimis oder die täglichen Aenderungen fast gänzlich verschwinden. Zu Zupia in 1225 Meter Höhe, wo die mittlere Lufttemperatur nach

1 Ann. Chim. et Phys. T. LIII. p. 226.

reijährigen Beobachtungen 21°,5 beträgt, erhielt er in 20
Beobachtungen vom 3. bis 18. Aug. vermittelst eines 8 Zoll
tief eingesenkten Thermometers im Maximum 21°,5, im Minimum
21°,3 C. und aus 16 Beobachtungen vom 18. bis 22. Aug.
vermittelst eines 1 Fuſs tief eingesenkten 21°,6 und 21°,5 C.
Zu Marmato in 1426 Meter Höhe, wo die mittlere Tempera-
tur = 20°,5 ist, schwankte das einen Fuſs tief eingesenkte
Thermometer am 9. und 10. Sept. bei 8 Messungen zwischen
20°,3 und 20°,5. Zu Anserma Nuevó in 1050 Meter Höhe,
wo nach Caldas die mittlere Temperatur 23°,8 beträgt,
schwankte das einen Fuſs tief eingesenkte Thermometer während
der Monate Januar und Februar zwischen 23°,6 und 23°,7.
La Ponceé in 2651 Meter Höhe zeigte das einen Fuſs tief
eingesenkte Thermometer in 6 Beobachtungen am 17. und
18. April unverändert 13°,1. Zu Popayan in 1808 Meter
Höhe, wo die mittlere Temperatur nach Caldas 18°,7 beträgt,
zeigte das einen Fuſs tief eingesenkte Thermometer während
10 Tagen unverändert 18°,2 C. Zu Pasto in 2610 Meter
Höhe und bei einer mittleren Temperatur von 14°,6 nach
Caldas blieb das einen Fuſs tief eingesenkte Thermometer
unverändert auf 14°,6. Zu Quito in 2914 Meter Höhe, wo
die mittlere Temperatur nach Hall und Salaza 15°,55 be-
trägt, schwankte das einen Fuſs tief eingesenkte Thermometer
in den Monaten September und October zwischen 15°,4 und 15°,5.
Boussingault gründet auf diese und andere zwischen dem
11. Grade nördlicher und dem 5. Grade südlicher Breite an-
gestellte Messungen den Schluſs, daſs in der tropischen Zone
allgemein die mittlere Temperatur durch die Beobachtung ei-
nes bis 1 Fuſs tief in den Boden eingesenkten Thermometers
gefunden werden könne, weswegen er sich dieses Mittels zu
einer groſsen Menge Bestimmungen in jenen Gegenden be-
diente. Daſs das aufgefundene Gesetz für jene Länder passe,
will ich nicht bezweifeln, seine allgemeine Anwendbarkeit auf
die ganze tropische Zone ist aber auf jeden Fall höchst un-
wahrscheinlich, da nicht überall die hierzu erforderliche Be-
dingung einer geringen Schwankung der Lufttemperatur statt
findet, wie unten §. 106 gezeigt werden wird.

50) Es giebt noch einige Messungen der Bodentempera-
tur, die aber nicht hinlänglich lange fortgesetzt wurden und
daher auch kein genaues Mittel geben können, mitunter auch

nicht vollständig genug beschrieben worden sind, um genügende Resultate aus ihnen abzuleiten, weswegen sie hier nur kurz berührt werden mögen. Unter die bedeutendsten gehören diejenigen, welche THOMAS BRISBANE[1] zu Sidney auf Neu-Süd-Wallis unter 34° S. B. und 151°,5 östl. L. von G. bei einem tiefen, meistens 50 F. Wasser haltenden, Brunnen anstellte, dessen gesammte Tiefe 84 Fuſs betrug. Die Resultate schwebten zwischen 17°,5 und 18° C. und geben im Mittel die dortige Bodentemperatur = 17°,75 C. Andere Messungen gaben für Paramatta unter 33°,8 S. B. nur 16°,6 C., welchen Unterschied er davon ableitet, daſs am letzteren Orte die Tiefe nur 14 Fuſs betrug, allein bekanntlich kann der angegebene Unterschied der Tiefe die gefundene Differenz nicht erzeugen, und es zeigt sich also auch dort eine in einzelnen Jahren verschiedene Bodentemperatur, wenn wir die Messungen als genau annehmen. Eine andere Reihe von Messungen, welche eben dieser eifrige Forscher SIR THOMAS BRISBANE[2] zu Paramatta anstellte, scheinen auf einen hohen Grad von Genauigkeit gerechte Ansprüche zu machen. Es wurden Löcher in die Erde gebohrt und dann die Temperatur des sich darin sammelnden Wassers gemessen. Bei 24 engl. Fuſs Tiefe fand man die Temperatur des Bodens 17° C. und gleichzeitig die der Luft 16°,5, bei 20 Fuſs Tiefe die des Wassers 16°,3 und die der Luft 16°,11, bei 12 Fuſs Tiefe beide 15°,75 C., wonach man die mittlere Temperatur beider etwa 16°,5 annehmen kann, jedoch scheint die Bodentemperatur um eine Kleinigkeit höher zu seyn.

51) Messungen der Bodentemperatur durch die Wärme des Wassers tiefer Brunnen scheinen mir sehr unsicher zu seyn, wenigstens ist es mir nicht gelungen, bei einem hiesigen bedeckten und mit einer Pumpe versehenen von 43 Par. Fuſs Tiefe zu einem genügenden Resultate zu gelangen, und ich glaube die Ursache hiervon in dem Umstande zu finden, daſs die kalte Luft in die selten hinlänglich fest verschlossenen Brunnenschachte herabsinkt, das heraufgepumpte Wasser aber, selbst wenn man einen beträchtlichen Theil desselben vorher auslaufen läſst, dennoch eine zu groſse Aenderung seiner Wärme

1 Edinb. Journ. of Science N. XII. p. 326.
2 Edinb. Phil. Journ. N. XX. p. 221.

durch den Einfluss der Steig- und Ausflussröhren erleidet. Dennoch kommen die oben erwähnten, durch Sir Thomas Brisbane gefundenen Grössen der Wahrheit sehr nahe, und nicht weniger scheint dieses bei denjenigen der Fall zu seyn, welche Wadwell[1] zu Leith unter 55° 58′ N. B. 3° 10′ W. L. von Gr. aus alle acht Tage wiederkehrenden Messungen bei einem tiefen Pumpbrunnen erhielt. Er fand die mittlere Temperatur des Wassers in demselben 8°,5 C., zu Edinburg aber in einer Höhe von 230 engl. Fuss 8°,37, wobei der durch die Höhe bedingte Unterschied mit anderweitigen Bestimmungen sehr nahe übereinstimmt. Unter die vorzüglichern Messungen dieser Art gehören ferner die durch Herrenschneider[2] zu Strassburg angestellten. Das Wasser in einem 15 Fuss tiefen Brunnen gab für 1821 die mittlere Temperatur = 9°,01 C., für 1822 = 9°,94, für 1823 = 9°,34, woraus die grosse Hitze des Jahrs 1822 ersichtlich wird. Die Unterschiede der Maxima und Minima der monatlichen Mittel betragen für die drei Jahre 5°,63, 4°,06 und 5°,00, wovon das Mittel = 4°,9 C. ist. Die mittlere Lufttemperatur zu Strassburg unter 48° 35′ N. B. ist 9°,7, welche das Mittel der Bodentemperatur = 9°,43 um 0°,37 übertrifft, der mittlere Unterschied der grössten und geringsten Lufttemperatur beträgt 19°,9 C. Nehmen wir an, dass dieser Unterschied noch der oberen Erdkruste zugehört, so giebt die oben angegebene Formel:

$$\text{Log. } \Delta p = 1{,}2787536 - 0{,}0392371\, p.$$

Sucht man hiernach die Tiefe für einen jährlichen Wechsel von 0°,01 C., so erhält man 83,57 Par. Fuss, von der aus obigen Beobachtungen oben für 0°,01 R. gefundenen Bestimmung = 83,84 Par. Fuss nur unmerklich abweichend. Welches Vertrauen Hagelstam's[3] Bestimmungen der mittleren Bodentemperatur einiger Puncte an Norwegens Küste verdienen, vermag ich nicht zu beurtheilen, da ich die Art der Messung nicht angegeben finde. Hiernach ist dieselbe zu

---

1 Edinb. Phil. Journal N. VIII. p. 439.

2 Poggendorff Ann. XXXII. 277. Vermuthlich liegen Messungen der Temperatur des Wassers in diesem Brunnen den oben §. 35. mitgetheilten Angaben von Quetelet und Rudberg zum Grunde.

3 Edinb. New Phil. Journ. N. X. p. 306. Hertha, Zeitschrift für Erd-, Völker- und Staatenkunde, Th. XIII, S. 312.

Wadsoë in Ostfinnmarken unter 70° 15′ N. B. = 1°,5 C.; zu Altengaard in Finnmarken unter 69° 50′ N. B. = 2°,0 C.; zu Drontheim unter 63° 26′ N. B. = 4°,44; zu Lyster in Bergen-Amt unter 61° 30′ N. B. 6°,0; zu Laurvig unter 59° N. B. = 7°,5; zu Christiania unter 59° 55′ N. B. = 7°,0, wobei zugleich die von Paris unter 48° 50′ N. B. = 11°,8 angegeben wird.

52) Sehr schätzbare Bestimmungen verdanken wir in der neueren Zeit einigen Gelehrten, welche hierzu ein sehr zweckmäfsiges Verfahren anwandten, indem sie Bohrlöcher bis zu einer solchen Tiefe herabsenken liefsen, worin die jährlichen Veränderungen unmerklich werden und also die sofort und vor dem Eindringen der äufseren Luft in dieselben herabgelassenen Thermometer die mittlere Bodentemperatur nahe genau und ohne den Einflufs der mit der Tiefe zunehmenden Wärme angeben. Dieses geschah namentlich durch A. Erman[1] in Sibirien, und er fand auf diese Weise zu Tobolsk unter 59° N. B. = 2°,25 C., zu Beresow unter 58°,5 N. B. = 2°,0 C. und zu Obdorsk unter 66°,5 N. B. = − 2°,09 C. Dieses letztere Resultat ist sehr auffallend und zeigt, dafs in jenen Gegenden der Boden stets gefroren ist, was durch andere merkwürdige Erfahrungen bestätigt wird. Schon Gmelin erzählt, dafs ein Einwohner zu Jakuzk unter 62° N. B. im Anfange des vorigen Jahrhunderts mit einigen Jakuten über einen zu grabenden Brunnen einen Contract abgeschlossen habe, den diese aber nicht erfüllen wollten, als sie in 90 Fufs Tiefe noch stets in gefrorner Erde arbeiteten. Während der Anwesenheit Erman's zu Irkuzk im Jahre 1829, liefs ein Kaufmann gleichfalls einen Brunnen graben, aber die Arbeiter befanden sich bei 30 Fufs Tiefe noch stets im Eise, wobei Hansteen[2] bemerkt, dafs dieses Resultat mit der angenommenen Wärmezunahme in der Tiefe nicht wohl übereinstimme. Auch L. v. Buch[3] zieht in Zweifel, dafs der tiefere Boden da stets gefroren seyn könne, wo sich noch Vegetation

1 Dessen Reise Th. I. S. 473, 601 u. 603. Demnach ist dort die mittlere Temperatur der Luft um 4°,75 C. geringer, als die des Bodens.

2 Poggendorff Ann. XXVIII. 584.

3 Poggendorff Ann. XX. 405.

zeigt, allein Kämtz bemerkt, daſs auch Pallas[1] an einigen Orten Sibiriens den Boden das ganze Jahr hindurch gefroren fand, auch erzählt Cochrane[2], daſs die Bäume an der Mündung der Kolyma wegen des tiefer gefrorenen Bodens nur 20 Zoll tiefe Wurzeln treiben. Mit der Bohrung zu Irkuzk ist indeſs fortgefahren worden und man hat eine Tiefe von 90 Fuſs erreicht, ohne daſs jedoch das Eis aufhört, dennoch aber steigt die Temperatur mit der Tiefe, denn sie beträgt oben — 7°,5 C., unten aber nur — 1°,25, wonach zu erwarten steht, daſs man bald den aufgethaueten Boden erreichen wird[3], ohne daſs sich jedoch hoffen läſst, eine perennirende Quelle zu finden. In Nordamerica fand Franklin[4] am 16. Aug. unter 70° 24′ N. B. und 149° W. L. den Boden in 16 Z. Tiefe gefroren, Richardson aber im Juli unter 71° 12′ N. B. und 129° 21′ W. L. in 3 F. Tiefe.

53) G. Bischof[5] wendet ein dem bereits beschriebenen ähnliches Verfahren an, um die Bodenwärme auszumitteln, welches wegen seiner Einfachheit Nachahmung verdient, da es genauere und leichter zu erhaltende Resultate gewährt, als diejenigen, die aus der Wärme der Quellen entnommen werden, indem diese letzteren entweder leicht die höhere Wärme tieferer Erdschichten angeben, oder, wenn sie unter die sehr veränderlichen gehören, eine zu groſse Zahl in kurzen Zeiträumen wiederholter Messungen erfordern. In ein 4 Fuſs tief ausgegrabenes Loch wird ein hölzerner Kasten gestellt,

1 Reisen Th. III. S. 22.

2 Fuſsreise S. 117.

3 Froriep Notizen 1837. N. 80. Die Bestimmung, daſs die Wärme am oberen Ende des Brunnenschachtes — 7°,5 betrage, scheint aus der mittleren Temperatur des Ortes entnommen zu seyn; eine genauere Bestimmung haben wir aber von Erman, welcher bei seiner Anwesenheit zu Jakuzk im Frühjahr 1829 in dem frisch ausgegrabenen Schachte 50 Fuſs unter der Oberfläche die Wärme mittelst eines eingesenkten Thermometers maſs und nie höher als — 7°,5 C. fand. Wenn man also für die Tiefe von 50 Fuſs nur 0°,5 C. Wärmezunahme annehmen wollte, so würde die mittlere Bodenwärme dort — 8° C. betragen, mithin geringer seyn, als die mittlere der Luft. Das letztere Resultat scheint mir sehr wahrscheinlich zu seyn. S. A. Erman Reise um die Erde. Erste Abth. Th. II. S. 251.

4 Franklin's zweite Reise S. 187 u. 241.

5 Die Wärmelehre des Innern unsers Erdkörpers u. s. w. S. 216.

welcher bis auf den Boden reicht und so weit ist, dafs eine zwischen zwei Bretchen, einem unteren und einem oberen, befestigte gewöhnliche Bouteille mit Wasser darin hinabgelassen werden kann. Am oberen Bretchen befindet sich ein bis zur Oeffnung des Kastens reichender Draht, vermittelst dessen die Flasche schnell herausgenommen wird, um die Temperatur des enthaltenen Wassers mit einem Thermometer zu messen. Der Raum um den Kasten wird wieder mit Erde ausgefüllt, der obere Theil des Kastens aber mit Werg verstopft und mit Steinen bedeckt, um den Zutritt der Luft und äufsere Beschädigungen abzuhalten. Bei der angegebenen Tiefe erhält man unter mittleren Breiten und in nicht zu grofsen Höhen über der Meeresfläche, wo die Kälte das Wasser der Flasche im Winter nicht gefrieren macht, durch einmalige monatliche Beobachtungen schon einen hinlänglich genäherten mittleren Werth der Bodentemperatur.

54) Vor allen Dingen verdient aber ein Umstand noch erörtert zu werden, welcher für die ganze Aufgabe von höchster Wichtigkeit ist. Bischof ist der Meinung, die Bodentemperatur sey überall von der Lufttemperatur der Orte nicht verschieden, und wenn man die erstere gröfser gefunden habe, als die letztere, so sey dieses eine Folge der unrichtigen Bestimmung derselben aus der Temperatur der Quellen. Wäre dieser Satz begründet, so würde damit der Unterschied zwischen den isothermischen und den isogeothermischen Linien verschwinden oder vielmehr müfsten die letzteren ganz wegfallen. Wirklich fand Bischof zu Bonn die Temperatur der Luft und die des Bodens in 4 Fufs Tiefe ganz gleich, Quetelet aber zu Brüssel die mittlere Wärme der Luft höher als die der oberen Erdkruste, und beide wurden erst bei einem 3,08 Par. F. eingesenkten Thermometer einander gleich, statt dafs nach meinen Beobachtungen die Bodentemperatur, die man etwa in 2 Fufs Tiefe unter der Oberfläche setzen kann, um etwa 0°,8 R. höher ist, als die der Luft. Die Ursache dieser Abweichung liegt darin, dafs zu Bonn und Brüssel die Messungen an einem stets beschatteten Orte vorgenommen wurden, was vom natürlichen Verhalten abweicht, da im Allgemeinen von dem erwärmten Boden im gewöhnlichen Zustande kaum der hundertste Theil stets beschattet ist. Die Messung der Wärme des Quellwassers mag daher allerdings

...hl eine Menge unrichtiger Bestimmungen herbeigeführt ha-
ben, allein dessenungeachtet ist wohl nicht zu leugnen, dafs
die Bodenwärme in der äquatorischen Zone gleich oder etwas
geringer sey, als die Lufttemperatur, vom 45. Grade an wird
... die erstere mit zunehmenden Breiten höher, und der Un-
terschied wächst theils allgemein mit der Polhöhe, theils in
... Gegenden, z. B. in Norwegen, nicht unbeträchtlich.
... 55) Die Aufgabe, die Bodentemperatur an den verschiede-
nen Orten der Erde zu bestimmen, ist am vollständigsten und
... zuerst durch Kupffer[1] bearbeitet und durch
zugleich der sehr bezeichnende Ausdruck der *Isogeothermen*
eingeführt worden, welche man erhält, wenn man diejenigen Puncte
der Erde, wo die Temperatur des Bodens gleich ist, durch
Linien verbindet. Zur Bestimmung derselben hat man fast
ausschließlich die aufgefundene Quellentemperatur benutzt, wel-
ches Mittel jedoch, wie oben bereits gezeigt wurde, keines-
wegs absolute Genauigkeit gewährt, weswegen sehr zu wün-
schen ist, dafs die Bodentemperatur an möglichst vielen Orten
durch eingesenkte Thermometer oder durch Hülfe hinlänglich
... gegen den Einflufs der Quellen gesicherter, Bohrlöcher
gefunden werden möge. Kupffer hat die bereits bekann-
ten Bestimmungen noch um einige nicht unwichtige vermehrt.
So findet er für Kasan unter 55° 44′ N. B. und von 270
... Meereshöhe aus zwei Quellen die mittlere Bodenwärme
...°,25 C., während die der Luft nur 2°,5 C. beträgt, für
...kejewa unter 54° 30′ N. B. 62° 20′ östl. L. von Gr.
...00 Fufs Meereshöhe aus einer Wassersammlung in 25
... Tiefe 4°,38 C. Wenn man nun annimmt, dafs die
... für 300 Meter über der Meeresfläche um 1° C. ab-
..., für 25 Meter Tiefe aber um ebenso viel wächst, so läfst
... die angegebene Bestimmung für sehr nahe genau halten. Für
...lowsk unter 60° N. B. 62° 20′ östl. Länge und 600
... Meereshöhe berechnet er aus der Wärme der Gruben-
...er die mittlere Temperatur 1°,87 C., auf gleiche Weise
... Kischnei-Tagilsk unter 58° N. B. und 600 Fufs Höhe
2°,84 C., für Werchoturie unter 59° N. B. und von glei-
...r Meereshöhe = 2°,4 C. und für Perm unter 60° N. B.
... etwa 200 Meter Höhe nach Erman's Messungen 2° C.

[1] Poggendorff Ann. XV. 159. Edinb. Journ. of Science. N. S. N.
... p. 251.

56) Da die Bodenwärme, so wie die Temperatur der Luft, hauptsächlich durch den Einfluſs der Sonnenstrahlen bedingt wird, so muſs sie gleichfalls unter höheren Breiten abnehmen, wie die Quadrate der Sinus der Polhöhen wachsen[1]. Heiſst also φ die geographische Breite und $t\varphi$ die derselben zugehörige mittlere Temperatur der Bodenwärme, so hat man allgemein zur Bestimmung der Isogeothermen nach Kupffer den Ausdruck:

$$t\varphi = a - b \, \mathrm{Sin.}^2 \varphi$$

oder nach Kämtz

$$t\varphi = a + b \, \mathrm{Cos.}^2 \varphi,$$

worin die Constanten a und b durch Beobachtungen aufzufinden sind. Beide Gelehrte, unter denen Kupffer[2] seine Untersuchungen zuerst bekannt machte, die demnächst durch Kämtz[3] benutzt wurden, sind der Meinung, daſs die Wärmeabnahme unter verschiedenen Meridianen ungleichen Gesetzen folgt, was auch nothwendig aus Brewster's Auffindung zweier Kältepole hervorgeht. Dieser für die Temperatur der Erde höchst wichtige Satz hat eine unwiderlegliche Bestätigung durch die von mir[4] hervorgehobene Thatsache erhalten, daſs in einer Strecke, welche von Kamtschatka aus neben dem Nordpole vorbei mit einem Arme nach Norwegen, mit einem zweiten nach den Shetländischen Inseln hinläuft, die Temperatur des Bodens ungleich höher ist, als sie den Breiten gemäſs seyn sollte, wovon die Ursache nicht wohl eine andere seyn kann, als daſs daselbst nach Cordier's[5] sehr wahrscheinlicher Hypothese die bereits reducirte äuſsere Erdkruste noch ungleich dünner und daher von ihrer ursprünglichen Hitze weniger abgekühlt ist. Hieraus wird denn auch die bereits[6] erwähnte ungewöhnlich hohe Bodentemperatur in Norwegen, Lappland und Finnland erklärlich. Wäre diese Linie der gröſsten Bodenwärme durch genügende Messungen

---

1 Vergl. *Erde*. Bd. III. S. 993.

2 Poggendorff Ann. XV. 176.

3 Meteorologie. Th. II. S. 204.

4 S. Art. *Meer*. Bd. VI. Abth. 3. S. 1684. Eine ausführlichere Abhandlung hierüber habe ich 1836 zu Jena in der physikalischen Section vorgelesen.

5 Biblioth. univers. T. XXXVII. p. 102.

6 S. Art. *Erde*. Bd. III. S. 999.

nau bestimmt, und kennten wir auf gleiche Weise die Li-
ie der geringsten Bodentemperatur, welche ohne Zweifel
n zwei Kältepolen aus zum Aequator laufen, so ließen sich
gemeine Ausdrücke für die Bodentemperatur unter den ver-
hiedenen Breitengraden auffinden, in denen nicht bloſs die
nus der Breite, sondern auch die Abstände von diesen
ittellinien enthalten seyn müſsten. Da hierzu jedoch die
aten fehlen, so müssen wir uns vor der Hand mit den-
igen annähernden Resultaten begnügen, die sich auf die bis
zt bekannten Thatsachen stützen.

57) Kupffer hat die Bodentemperatur für vier Meridiane,
r Länge vom Pariser Meridiane an gemessen, unter allge-
eine Ausdrücke gebracht, wobei die berechneten Werthe
it den beobachteten sehr gut übereinstimmen. Nach der
on Kämtz vorgenommenen Reduction auf Centesimalgrade
hält er für den Meridian von 0° aus den Messungen zu Pa-
s und Edinburg

$$t\varphi = 26°,63 - 26°,12 \text{ Sin.}^2 \varphi,$$

für den zweiten Meridian von 20° östl. L. aus Messungen zu
...n und Upsala

$$t\varphi = 30°,5 - 32°,0 \text{ Sin.}^2 \varphi,$$

für den dritten Meridian von 60° östl. Länge aus Messungen
... Kuschkejewa und Bogoslowsk

$$t\varphi = 28°,63 - 34°,38 \text{ Sin.}^2 \varphi.$$

... für den vierten Meridian von 80° westl. Länge aus Mes-
sungen auf Jamaica und zu Philadelphia

$$t\varphi = 30°,0 - 42°,13 \text{ Sin.}^2 \varphi.$$

Aus diesen Gleichungen folgen die Temperaturen des Aequa-
tors und des Poles:

Erster Meridian	Aequator	26°,63	Pol 0°,51
Zweiter Meridian	.....	30,50 ..	— 1,50
Dritter Meridian	.....	28,63 ..	— 4,25
Vierter Meridian	.....	30,00 ..	— 12,13

Ohne Zweifel entfernt sich die Bodentemperatur unter dem
Nordpole nicht weit von der ersten Bestimmung, da die oben
angegebene Linie der gröſsten Erdwärme nicht weit vom Pole
vorbeilaufen scheint, die andern Bestimmungen aber zeigen
offenbar den Einfluſs der beiden Kältepole. Diese letzteren
verursachen auch eine ungleiche Temperatur des Aequators,
die gröſste Wärme in das Innere Africa's fällt, während

sein kältester Punct, vermuthlich dem 80. Grade westl[illegible] und dem 60. Grade östl. Länge zugehört, oder, wenn die muthmafsliche Lage der Kältepole und das nicht zwe[illegible] hafte Verhältnifs zwischen dem magnetischen und thermis[illegible] Verhalten der Erdrinde berücksichtigen, können wir die gr[illegible] Bodenwärme dahin setzen, wo die isodynamischen Lin[illegible] sich am stärksten nach den Polen hin biegen, also etwa u[illegible] den 22. und unter den 175. Grad östl. Länge von Gr., geringste Bodenwärme aber dahin, wo ebendiese L[illegible] ihre stärkste Krümmung gegen den Aequator haben, al[illegible] die Meridiane 90° westlicher und 95° östl. Länge. Da[illegible] Linien der gröfsten Kälte nicht genau in die Mitte zwi[illegible] die beiden Linien der gröfsten Wärme fallen, erklärt leicht aus der Configuration der nördlichen Halbkugel. der tellurische Magnetismus, sobald wir ihn als Thermom[illegible] tismus betrachten, vorzüglich durch das Land, weit w[illegible] durch das Meer bedingt wird. Die hierüber neuerding[illegible] gestellten Hypothesen stehen mit einander in so innigem[illegible] sammenhange und erhalten durch die Resultate der ne[illegible] Forschungen eine so überraschende Bestätigung, dafs s[illegible] durch ausnehmend an Wahrscheinlichkeit gewinnen.

58) Kämtz[2] hat dieses Problem gleichfalls aus[illegible] behandelt, und ich theile um so lieber eine Uebersi[illegible] von ihm gefundenen Resultate mit, als mir nicht hinlän[illegible] neues Material zu Gebote steht, um eine eigene Bear[illegible] nur zu versuchen. Auch hierbei liegt meistens die au[illegible] len gefundene Bodentemperatur zum Grunde, obgleich h[illegible] die Unsicherheit der hieraus entnommenen Bestimmunge[illegible] oben angegebenen Gründen gemäfs, keineswegs ve[illegible] Um den Einflufs der Höhe zu corrigiren, nimmt er fü[illegible] Toisen Erhebung eine Verminderung von 1° C. an, sta[illegible] Kupffer diese Gröfse nur nahe auf 100 Toisen setzt. die Westküste des alten Continents findet Kämtz nach[illegible] sungen von 15° bis 55° N. B. den allgemeinen Ausdru[illegible]

$$t\varphi = 0°{,}795 + 24°{,}649 \text{ Cos.}^2\ \varphi.$$

Für den weiteren Verfolg dieser Linie vom 54. bis 70. Gra[illegible] findet er den Ausdruck

---

1 Vergl. Bd. VIII. Charte II.

2 Meteorologie. Th. II. S. 204 ff.

$$t\varphi = -0{,}754 + 28^\circ{,}933 \, \text{Cos.}^2 \, \varphi.$$

Hiernach ist die Temperatur des Aequators 25°,44 und die des Nordpols 0°,75 und es fallen die

Isogeotherme	von	25°	in	8°	9′	N. B.
—	—	— 20	-	28	6	—
—	—	— 15	-	40	37	—
—	—	— 10	-	52	16	—
—	—	— 5	-	63	31	—
—	—	— 0	-	80	43	—

Für einen östlichern Meridian im Innern von Africa geben Messungen zu Germa, Cairo und Palermo

$$t\varphi = -6{,}939 + 37^\circ{,}875 \, \text{Cos.}^2 \, \varphi.$$

Hiernach fallen die

Isogeotherme	von 30°,94	in	0°	0′	N. B.
—	— — 25,00	-	23	19	—
—	— — 20,00	-	32	30	—
—	— — 15,00	-	40	26	—

Aus Messungen zu Palermo, Rom und Pavia ergiebt sich die Formel

$$t\varphi = -4^\circ{,}103 + 31^\circ{,}757 \, \text{Cos.}^2 \, \varphi,$$

wonach die Isogeotherme von 15° unter 39° 9′ N. B. fällt, so aus beiden Bestimmungen im Mittel in 39° 48′ N. B. Für Deutschland werden Beobachtungen von Pavia unter 45° 11′ bis Upsala unter 59° 51′ N. B. genommen, aus denen die Gleichung

$$t\varphi = 1^\circ{,}644 + 20^\circ{,}891 \, \text{Cos.}^2 \, \varphi$$

hervorgeht. Zahlreiche Messungen von Potsdam unter 52° 16′ bis Wadsöe unter 70° 15′ N. B. geben

$$t\varphi = -1^\circ{,}907 + 32^\circ{,}665 \, \text{Cos.}^2 \, \varphi.$$

Hiernach liegt die

Isogeotherme	von 10°	unter	52°	54′	N. B.
—	— — 5	—	62	37	—
—	— — 0	—	76	11	—

und die Temperatur des Poles = — 1°,91. Der erste Ausdruck giebt für die mittlere Bodenwärme hier in Heidelberg unter 49° 25′ N. B. 10°,486 C., der zweite 11°,917. Die aus Beobachtungen gefundene Bodentemperatur in 5,5 Fufs Tiefe beträgt 8°,95, in 2 Fufs Tiefe 8°,77 R. im Mittel 8°,86 R. = 11°,07 C. Diese Bestimmung mit jener ersten Gröfse verglichen giebt einen Unterschied = + 0°,584, mit der

zweiten = — 0°,847, mit dem Mittel aus beiden = — 0°,131 also sehr unbedeutend abweichend, was für die Genauigkei jener Formeln entscheidet. Für den 40. Grad östl. Länge geben Beobachtungen, die jedoch nur auf einen Meridianboge von 43° 45′ bis 55° 45′ reichen, die Gleichung

$$t\varphi = -2°,965 + 32°,593 \, Cos.^2 \varphi$$

und für den 62. Grad östl. Länge solche, die von Kisnekejew unter 55° 30′ bis Bogoslowsk unter 6° N. B. reichen,

$$t\varphi = -4°,420 + 28°,692 \, Cos.^2 \varphi.$$

Unter dem Meridiane von etwa 75° östl. Länge rücken di Isogeothermen höher hinauf, wenn die Messungen Ledebour's am Altai unter 50° 30′ N. B., die in Darwar unter 11° 28 und in Khatmandu unter 28° N. B. zum Grunde gelegt werden, denn diese geben

$$t\varphi = -4°,167 + 32°,964 \, Cos.^2 \varphi.$$

Es fallen hiernach

	für 62° östl. L.		für 75° östl. L.		
Isogeotherme von 25°			in 18°	18′	N. B.
— — — 20			- 30	11	—
— — — 15	in 34°	39′	- 39	39	—
— — — 10	- 44	51	- 48	32	—
— — — 5	- 55	3	- 57	47	—
— — — 0	- 66	53	- 68	53	—

Die Temperatur des Aequators ist hiernach 28°,19. Für di Ostküste America's benutzt Kämtz die Messungen zu Cuman Kingston, Havannah, Charlestown, Philadelphia, Newyor Cambridge, Albany und Lowville und findet hieraus d Formel

$$t\varphi = -9°,226 + 36,920 \, Cos.^2 \varphi.$$

Hiernach ist die Wärme des Aequators = 27°,69 und fällt die

Isogeotherme von 25°	in 15°	39′	N. B.
— — — 20	- 27	9	—
— — — 15	- 35	54	—
— — — 10	- 43	48	—
— — — 5	- 51	37	—
— — — 0	- 60	0	—

Für den mittleren Theil von Nordamerica werden nur di Messungen zu Maypures, Natchez und Cincinnati benutz welche den Ausdruck

$$t_\varphi = -8^\circ{,}989 + 37^\circ{,}052 \operatorname{Cos.}^2 \varphi$$

geben. Hiernach ist die Temperatur des Aequators = 28°,06 und es fallen die

Isogeotherme	von	25°	in	16°	43′	N. B.
—	—	— 20	-	27	48	—
—	—	— 15	-	36	25	—
—	—	— 10	-	44	17	—
—	—	— 5	-	52	6	—
—	—	— 0	-	60	30	—

59) Ueberblickt man die hier mitgetheilten Thatsachen, so ergiebt sich daraus unverkennbar, dafs eine den Graden der Breite proportionale, überall gleichmäfsig abnehmende und also blofs durch den Einflufs der Sonnenstrahlen erzeugte Verbreitung der Wärme auf der Erde nicht statt finde. Eine ungleiche Wärmestrahlung von der Erde gegen den Himmelsraum, wodurch nach der herrschenden Ansicht der Physiker die durch die Sonnenstrahlen erzeugte Wärme wieder entfernt werden soll, wird man anzunehmen nicht geneigt seyn, obgleich diese Hypothese nicht widerlegt werden könnte, da noch zur Zeit nicht festgesetzt ist, wodurch jene Strahlung bedingt werde. Wir müssen daher annehmen, dafs die oben bereits angegebene ungleiche Abkühlung der Erdkruste der hauptsächlichste Grund der verschiedenen Bodentemperatur sey, außerdem aber geht aus vielen Erfahrungen genügend hervor, dafs auch die ungleiche Wärme der Hydrometeore, jenachdem die Wasserdämpfe aus wärmeren oder kälteren Gegenden herbeigeführt werden, einen bedeutenden Einflufs ausüben, vor allen Dingen aber die Luftströmungen, die als kalt und trocken die vorhandene Wärme unmittelbar und durch Verdunstung entziehn, oder als warm und feucht eine entgegengesetzte Wirkung haben. Anderson[1] bemerkt in dieser Hinsicht sehr richtig, dafs die Wärme der Erdoberfläche, namentlich bei Nacht, von der Feuchtigkeit der Luft abhänge, denn wenn die Temperatur unter den Condensationspunct des atmosphärischen Wasserdampfes herabsinkt, so wird dieser niedergeschlagen und giebt Wärme ab. Bis zu welcher Grenze aber die für die verschiedenen Meridiane angegebenen ungleichen Bodentemperaturen genau sind, läfst sich schwer entscheiden,

[1] Edinb. Phil. Journ. N. XI. p. 161.

da einigen Bestimmungen nur wenige und obendrein nicht ganz zuverlässige Messungen zum Grunde liegen, so dafs fortgesetzte Untersuchungen noch vielfache Berichtigungen erwarten lassen. Als gewifs läfst sich wohl annehmen, dafs sie im Ganzen der Wahrheit mindestens sehr nahe kommen, obgleich einige unverkennbare Anomalieen statt finden, die durch örtliche Modificationen der allgemeinen Ursachen erzeugt werden.

60) Die *Isogeothermen* oder diejenigen Linien, welche die Orte gleicher Bodentemperatur verbinden, sind ein vortreffliches Hülfsmittel, die Resultate der bisherigen Forschungen übersichtlich darzustellen, und obgleich nicht alle einzelnen Abweichungen durch sie ausgedrückt werden können, so sagt doch Kämtz sehr richtig, dafs hierin ebensowenig ein Argument gegen diese Art der Darstellung liege, als wenn man keine Landcharten zeichnen wollte, weil man nicht vermag, jede einzelne Krümmung der Grenzen darin aufzunehmen. Der Anblick der Isogeothermen gewinnt aber ausnehmend, wenn sie mit den Isothermen vereint die Abweichungen beider zugleich angeben. Auf diese Weise sind sie durch punctirte Linien so dargestellt worden, wie sie Kämtz nach den ihm zu Gebote stehenden Thatsachen gezeichnet hat[1].

C. Temperatur der Atmosphäre.

Die Kenntnifs der wechselnden Temperatur der Luft war seit den ältesten Zeiten ein vorzüglicher Gegenstand der Untersuchung, veranlafste hauptsächlich die Erfindung der Thermometer und macht noch gegenwärtig den Haupttheil wahrhaft zahlloser meteorologischer Beobachtungen aus. Sowohl die Mittel, um zu genügenden Resultaten dieser Aufgabe zu gelangen, als auch die Resultate selbst sind durch Kämtz so vollständig und überall mit Anwendung der zu benutzenden analytischen Ausdrücke zusammengestellt worden, dafs ich nicht umhin kann, diesem gewiegten Vorgänger in der Hauptsache überall zu folgen, wobei ich mich jedoch der Kürze wegen auf die hauptsächlichsten Thatsachen und die für die Anwendung nöthigsten Formeln beschränken werde.

61) Zur Auffindung der Lufttemperatur bedient man sich

---

1 S. die beiden den Kupfertafeln beigegebenen Charten.

wöhnlicher *Thermometer*, von deren Güte die Genauigkeit Resultate abhängt, und wenn es zugleich auf die Bestimmung der höchsten und niedrigsten Wärmegrade abgesehn ist, hierzu sehr bequem eingerichteten *Thermometrographen*. se Instrumente müssen so aufgehängt seyn, dafs keine Nebedingungen einen Einfluſs auf ihren Stand ausüben; sie issen also auf jeden Fall gegen die Einwirkung der direct er durch Reflexion auf sie fallenden Sonnenstrahlen, ebenso ır aber gegen künstlich erwärmte Luftströme, wie sie aus ffneten Fenstern tiefer liegender geheizter Zimmer oder aus ffnungen technischer und Fabrik-Anstalten leicht aufzustein pflegen, wie nicht minder gegen örtliche Erwärmung rch die zwischen zahlreichen, nahe vereinten Häusern stairende Luft geschützt seyn. Berücksichtigt man zugleich e Bequemlichkeit der Beobachtung, so werden sie am angemessensten an einem Arme, etwa einen Fuſs von der Wanng entfernt, einem Fenster an der Nordseite der Gebäude egenüber so befestigt, dafs ihre Grade auch bei Nacht sichtbar ind, was sich leicht dadurch bewerkstelligen läſst, dafs die icalen auf einem schwarzen oder farbigen Grunde befestigt ind. Man hat ihnen zu noch gröſserer Bequemlichkeit auch ne solche Einrichtung gegeben, dafs die den Quecksilberfan enthaltende Röhre etwa einen Fuſs lang horizontal fortuft und dann rechtwinklig gebogen wird. Das Gefäſs und e horizontale Röhre werden dann durch eine Oeffnung im nsterrahmen geschoben, darin befestigt und das im Zimmer findliche, aufwärts gebogene Ende mit der daran befindlien Scale dient zum Ablesen der Grade. Ihre Verfertigung fordert indeſs groſse Sorgfalt.

62) Der Verfolg der Untersuchungen wird zeigen, dafs hauptsächlich darauf abgesehn ist, das Mittel aus der bald eigenden, bald sinkenden Temperatur aufzufinden, wobei zur nauen Bestimmung dieser Gröſse nothwendig auch die Zeituer der gröſseren oder geringeren Wärme zu berücksichtin ist. Sofern hiernach das Thermometer unausgesetzt beobhtet und registrirt werden müſste, was auſser dem Bereiche er Möglichkeit liegt, schlug Flaugergues[1] ein Instrument or, welches er *Kryometer* (von κρύος, Frost und μέτρον,

---

1 Journal de Phys. T. XC. p. 130. T. XCV. p. 401.

Mafs) nannte, um die Intensität der Kälte aus der Gröfse ihrer Wirkung zu messen. Dieses besteht aus einem etwas konischen Gefäfse mit Wasser, welches durch die Kälte in Eis verwandelt wird, wobei also die Intensität der Kälte aus der Menge des in einer gegebenen Zeit erzeugten Eises gemessen werden könnte. Die nächste, gegen die Anwendung dieses Instrumentes sich darbietende Schwierigkeit, dafs das Verhältnifs der Eisbildung zur Intensität und Dauer der Kälte noch nicht bestimmt ist, liefse sich beseitigen, wenn man dasselbe für das jedesmal anzuwendende Gefäfs durch gleichzeitige Messung der Dicke des erzeugten Eises und in kurzen Zeitintervallen anhaltend wiederholte Thermometerbeobachtungen zu bestimmen suchte; allein ein wichtiges Hindernifs liegt darin, dafs ein offenes Gefäfs zu sehr vom Einflusse der durch ungleiche Trockenheit der Luft bedingten Verdunstung, ein verschlossenes aber von der Ableitung der Wärme und beide von der Stärke der Luftströmung abhängig seyn würden. Ebendieses steht der Anwendbarkeit eines von Richmann[1] vorgeschlagenen Verfahrens entgegen, wonach die mittlere Temperatur durch die Stärke der Verdunstung gemessen werden soll. Allerdings verdunstet selbst das Eis, und das angegebene Mittel wäre daher bei allen Temperaturen anwendbar, wozu die Formeln angegeben worden sind, allein ohne gleichzeitige Bestimmung des hygrometrischen Zustandes der Luft liefse sich gar keine Genauigkeit erwarten, und hierfür sind Thermometermessungen unentbehrlich, so dafs man also einen weitläufigen indirecten Weg statt eines directen wählen würde, der anderweitigen Hindernisse nicht zu gedenken. Grassmann[2] hat vorgeschlagen, die mittlere Temperatur eines gewissen Zeitintervalls durch eine Uhr zu messen, deren Pendel ohne Compensation sich durch die Wärme ausdehnen und durch die ungleiche Dauer seiner Oscillationen die Stärke dieses Einflusses angeben würde. Dieser Vorschlag ist allerdings sinnreich und seine Ausführbarkeit geht aus den beigefügten Berechnungen unverkennbar hervor; theils aber ist dieses Mittel kostspielig,

1 Nov. Comm. Petrop. T. II. p. 172.

2 Poggendorff Ann. IV. 419. Ein anderer Vorschlag zu einer negativ compensirenden Uhr findet sich in Edinburgh New Phil. Journ. N. XLIII. p. 186.

l es eine sehr gute Uhr erfordert, die noch obendrein, der
en Luft ausgesetzt, manchen Einflüssen der Feuchtigkeit, des
ıbes in der Atmosphäre, sich ansetzender Spinnen und In-
en u. s. w. ausgesetzt seyn würde. Weit zweckmäſsiger
leicht ausführbar ist der Vorschlag Poggendorff's[1], das
beobachtende Thermometer mit einer Hülle schlecht leiten-
Substanzen zu umgeben, die sich leicht so herstellen
se, daſs wie bei einem bis über 1 Fuſs in die Erde einge-
kten Thermometer eine einzige tägliche Beobachtung ge-
en würde. Bei der wirklichen Anwendung dieses Ver-
ens müſsten dann anfangs die Bedingungen bestimmt wer-
, unter denen die genauesten Resultate zu erhalten wären.

Höhe des Beobachtungsthermometers über dem Boden.

63) Daſs die Wärme nach oben abnehme, ist eine be-
nnte Sache, allein im Mittel gehn auf 600 Fuſs ungefähr
R., mithin 60 Fuſs auf 0°,1, und so hoch wird in der Re-
l kein Beobachtungsthermometer zur Auffindung der mittle-
n Luftwärme aufgehangen seyn. Es geht jedoch aus den
tersuchungen über irdische Strahlenbrechung genügend her-
[2], daſs häufig ungleich erwärmte horizontale Luftschichten
r einander befindlich vorhanden sind, und so verdient also
Frage allerdings Beachtung, in welcher Höhe ein Ther-
meter aufgehangen seyn müsse, um die Temperatur eines
wissen Ortes genau anzugeben. Am bekanntesten unter den
suchen, die zu verschiedenen Zeiten zur Beantwortung der-
en angestellt wurden, sind die von Pictet[3] zu Genf, die
im August und September 1778 anfing und im folgenden
re fortsetzte. An einem 75 Fuſs hohen Mastbaume war
n ein Thermometer so befestigt, daſs es zum Beobachten
abgelassen werden konnte, das unterste Thermometer war
Fuſs über dem Boden aufgehängt, zwischen beiden waren
einer ausgespannten Schnur noch andere Thermometer in
ischenräumen von 5 bis 6 Fuſs so angebracht, daſs sie in

---

1 Dessen Annalen IV. 417.
2 S. Art. *Strahlenbrechung*. Bd. VIII.
3 Essay sur le feu. chap. 8. Versuch über d. Feuer. S. 162 ff.

den Schatten gedreht werden konnten, und aufserdem wurde die Kugel eines Thermometers in die oberste Kruste der Erde geschoben. Am auffallendsten hierbei ist die Behauptung, dafs der Gang des 5 Fufs hohen und des 75 Fufs hohen nicht nur am genauesten mit einander übereinstimmend gewesen sey, sondern dafs auch ihre absolute Höhe, obgleich das erstere im Schatten, das letztere in der Sonne hing, im Mittel keine merklichen Unterschiede dargeboten habe. Unmittelbar vor Sonnenaufgang zeigten alle Thermometer ein Sinken der Temperatur, nachher stiegen sie bis 3 Uhr Nachmittags, wo allgemein die gröfste Wärme gefunden wurde, und das in die Erde gesenkte zeigte an einem warmen Augusttage sogar 45° R. Winde machten den Gang der Thermometer veränderlich, Wolken bewirkten ein Sinken, die gröfste Regelmäfsigkeit fand an ruhigen, gleichmäfsig trüben Tagen statt. Der Gang der 5 Fufs und 75 Fufs hohen Thermometer wird genauer beschrieben. Zwei bis 2½ Stunden nach Sonnenaufgang standen beide gleich hoch, später ging das untere voraus und erreichte zur Zeit der gröfsten Wärme das Maximum des Unterschiedes mit etwa 2° R. Bald nachher nahm dieser Unterschied ab und verschwand nahe vor Sonnenuntergang, ging dann in das Entgegengesetzte über, welches gegen das Ende der Dämmerung meistens wieder bis 2° R. und noch darüber betrug. Dieser letztere Unterschied schien die ganze Nacht hindurch zu dauern, wie daraus geschlossen wird, dafs Abends 11 Uhr und kurz vor Sonnenaufgang das untere Thermometer stets 1 bis 2 Grade niedriger stand; erst einige Zeit nach Sonnenaufgang kamen sie wieder zusammen. Dieser Gang fand bei ruhigem und heiterem Wetter allezeit statt, war aber bei Wind und Wolken weniger merklich und verschwand ganz bei heftigem Winde und dicken Wolken.

64) Aehnliche Resultate erhielt Six[1] vermittelst dreier in ungleichen Höhen aufgehängter Thermometer, deren erstes am Thurme zu Canterbury 220 engl. Fufs hoch, das zweite am Fufse des Thurms 110 F. hoch und das dritte im Garten 6 F. hoch aufgehangen waren. Hiermit fand er vom 4ten bis 24sten Sept. im Mittel die Maxima

1 Phil. Trans. T. LXXIV. p. 428.

	in 6 F.	in 110 F.	in 220 F.
am Tage	= 18°,33	= 16°,85	= 16°,24
bei Nacht	= 10,18	= 10,87	= 10,97
Mittel	= 14,25	= 13,86	= 13,61

wonach also das unterste Thermometer das mittlere um 0°,39 und das oberste um 0°,64 übertraf. Bei einer zweiten Reihe von Versuchen vom 20sten Dec. bis 8ten Januar betrugen die Maxima im Mittel

	in 6 F.	in 110 F.[1]	in 220 F.
am Tage	= 1°,50	= 1°,61	= 1°,78
bei Nacht	= −3,39	= −3,00	= −2,62
Mittel	= −0,94	= −0,69	= −0,42

wonach gleichfalls das unterste die gröfste Kälte zeigte. Werden beide Mittel ausgeglichen, so erhalten wir für die drei Thermometer

unterstes = 13°,31, mittelstes = 13°,17, höchstes 13°,19.

Bei der ersten Reihe von Beobachtungen war am Tage das untere Maximum gröfser als das oberste, bei Nacht fand das umgekehrte Verhalten statt; der Unterschied betrug 2°,09 C. und 0°,97, bei der zweiten Reihe fand gerade das Gegentheil statt, indem das oberste Thermometer um 0°,28 und 0°,77 höher stand, wenn wir die negativen Grade als den positiven entgegengesetzt betrachten. Als Six später die Versuche fortsetzte[2], fand er, dafs der Boden einer Wiese oder eines Gartens, mochte derselbe höher oder niedriger seyn, in der Regel und vorzüglich bei hellem Himmel kälter war, als die Luft über demselben. Pictet[3] erwähnt, das Gegentheil gefunden zu haben, entweder weil er nicht oft genug beobachtete, oder weil sein Mastbaum auf einem dürren Boden aufgerichtet war. Dabei verdient nicht übersehn zu werden, dafs das Thermometer 4 Lin. oberhalb des Bodens am Abend tiefer stand, als das 5 Fufs hohe, während das in die Erde eingesenkte höher stand, als jedes andere.

Al. v. Humboldt[4] nimmt im Allgemeinen an, dafs in den gemäfsigten Zonen der Boden bei Nacht um 4° bis 5° C.

1 Diesesmal befand sich das Thermometer auf einem Hügel in gleicher Höhe mit dem am Thurme.

2 Philos. Trans. LXXVIII. p. 108.

3 Vom Feuer §. 136. p. 168.

4 G. LVI. 89.

erkalte und daher die Wärme bis 50 F. Höhe zunehme. Auch von der südlichen Halbkugel ist eine Reihe von Versuchen bekannt, die zur Beantwortung der vorliegenden Frage zu Port Macquerie unter etwa 41° S. B. durch BRISBANE[1] angestellt wurden. Dieser hing zwei Thermometer auf, eins in 13 das andere in 65 engl. F. Höhe, so dafs letzteres also 52 F. höher hing, als das erstere. Die Unterschiede waren für das obere in Centesimalgraden

	Sonnen-Aufgang	9 U. M.	Mittag	3 U. N.	Sonnen-untergang
Maxima . .	—7°,22	—13°,88	—10°,00	—6°,00	— 5°,28
Minima . .	0,00	0,83	0,28	0,00	1,67
Mittel . . .	— 3,33	— 5,04	— 4,19	— 3,06	— 1,95

Nur in drei Fällen unter 108 Beobachtungen im Juni stand also das obere Thermometer etwas höher als das untere und selbst die mittleren Unterschiede sind weit gröfser, als die auf der nördlichen Halbkugel erhaltenen. Leider fehlen die nächtlichen Unterschiede, um zu entscheiden, ob beide einander ausgleichen, wie auf jeden Fall wahrscheinlich ist.

65) Ein nicht eben bedeutender Beitrag zur Beantwortung der Frage über die Höhe des Beobachtungsthermometers über dem Boden kann aus den durch LAMANON[2] erhaltenen Resultaten entnommen werden, welcher am 27sten Aug. 1778 von Vormittag 6 Uhr an gleichzeitig 5 Thermometer beobachtete. Das eine derselben A hing in einem nach Norden gelegenen Zimmer, ein zweites B im Freien im Schatten, ein drittes C über einem freien Felde, ein viertes D war mit der Kugel in die Erde gesenkt und ein fünftes E war in einen Canal mit fliefsendem Wasser getaucht. Folgendes waren ihre gleichzeitigen Stände in Graden der achtzigtheiligen Scale:

---

1 Edinb. Journal of Science N. XII. p. 248.
2 Journal de Phys. T. LXVIII. p. 119.

Stunden	A	B	C	D	E
Von 6 bis 7	19°,6	17°,8	20°,5	17°,8	17°,7
— 8 — 2	20,9	22,1	26,2	20,6	18,8
— 2 — 8	21,7	22,2	24,1	22,0	19,8
— 8 — 2	18,6	14,6	14,0	18,2	16,9
— 2 — 7	16,4	11,3	10,3	15,6	15,3
Mittel	19,4	17,6	19,0	18,8	17,7

wach also das Mittel aus den Beobachtungen in frei fliefsenden Wasser dem aus Beobachtungen im Freien erhaltenen bis auf einen verschwindenden Unterschied gleich kommt; man begreift jedoch leicht, dafs das Wasser im Winter sich zu solchen Beobachtungen nicht eignet. Ungleich wichtiger ist das Resultat, welches aus meinen eigenen Beobachtungen hervorgeht. Die hierüber oben §. 40 mitgetheilte Tabelle ganzjähriger, mindestens einmal täglich gleichzeitig an verschiedenen Stunden des Tages angestellter Messungen giebt für ein 3 Fufs über dem Boden hängendes Thermometer im Mittel 8°,56 R. und für ein 28 Fufs hohes 8°,63 mit einer unbedeutenden Differenz von 0°,07, welche eine Folge davon seyn kann, dafs das letztere Thermometer, 11' Zoll von der Wand des Hauses abstehend, einem unmerklichen Einflusse hiervon ausgesetzt seyn konnte. Man ersieht hieraus, dafs die Höhe, in welcher meistens die Thermometer aufgehängt zu seyn pflegen, die gewifs nur selten aufserhalb der angegebenen Grenze liegt, keinen Einflufs auf die Genauigkeit der mittleren Resultate hat.

b) Einflufs der Höhe auf die Temperatur.

66) Da diese Aufgabe bereits untersucht worden ist[1], so wird es genügen, hier nur einige wesentliche Ergänzungen hinzuzufügen. Vor allen Dingen ist wichtig zu bemerken, dafs unstreitig KÄMTZ[2] die hierher gehörigen Thatsachen schärfer bezeichnet und in gröfserem Umfange unter allgemeine Ausdrücke gebracht hat, als durch mich geschehn ist. Als eine beachtenswerthe Zugabe zu den bisher bekannten Angaben ist das

1 Erde. Bd. III. S. 1008. Vergl. Art. *Höhenmessung*. Bd. V. S. 11.

2 Lehrbuch der Meteorologie. Th. II. S. 127 ff.

Resultat zu betrachten, welches v. HORNER[1] aus vielen und genauen Beobachtungen am Rigi erhalten hat, wonach die Wärmeabnahme im Sommer sehr regelmäſsig 1° R. für 97 Toisen betrug, wogegen im Winter wegen des Einflusses der südlichen Winde keine genaue Bestimmung möglich war. Auch GUERIN[2] fand bei seinen Messungen auf dem Mont-Ventoux bei Avignon, daſs der Höhen-Unterschied für 1° R. im Sommer 80 Toisen, im Winter 100 T. und in der Zwischenzeit 90 T. betrug. Nach dem Resultate, welches KUPFFER[3] bei seiner Besteigung des Elbrus im Monat Juli erhielt, nimmt dort die Wärme bis zur Schneegrenze (10400 Par. F.) für 680 Fuſs um 1° R. ab, über derselben aber bis zu 14800 F. gehören 630 F. für 1° R. Sehr abweichend von diesen und wohl von allen übrigen Bestimmungen ist die Gröſse, welche HEWIT C. WATSON auf Schottlands Hochgebirgen auffand, wonach im Mittel für 1° R. nur 457 Par. F., also für 1° C. 365 Par. F. gehören. Sind gleich diese Messungen nicht absolut genau, so kann doch der bedeutende Unterschied nicht ganz als Beobachtungsfehler gelten, und wir müssen daher schlieſsen, daſs in jenen Gegenden die Wärmeabnahme gröſser sey, als in andern[4]. Berücksichtigen wir den Umstand, daſs die Beobachtungen im Sommer angestellt wurden, zu welcher Zeit die Wärmeabnahme schneller erfolgt, so stimmt das Resultat sehr genau mit einem andern überein, welches BERGHAUS[5] mittheilt. Hiernach gehören für 1° R.

beim Ochsenkopf	im Sommer 425 Fuſs,	im Herbst 524 F.
auf der schwäb. Alp	496 —	— 697 —
auf dem Brocken	—	— 708 —

Eine wichtige Bestimmung der Wärme-Abnahme bei wachsender Höhe geben die in den Jahren 1817 und 1818 während 15 Monaten täglich gleichzeitig angestellten Temperaturbeobachtungen zu Genf und auf dem Hospitium des St. Bern-

1 Verhandl. der allgemeinen Schweiz. Ges. für d. ges. Naturw. 13te Jahresvers. Zürich 1828.

2 Ann. Chim. Phys. T. XLII. p. 429.

3 Ebend. p. 110.

4 Dieses läſst sich mit der dortigen gröſseren Bodenwärme, die nicht bis zu solchen Höhen reicht, recht gut vereinigen.

5 Deutschlands Höhen. 1834. Th. I. S. 240.

hard [1]. Der Höhenunterschied beider Stationen beträgt 1075 Toisen oder 6450 Par. Fuſs, der ganzjährliche Unterschied der Temperatur aus den Beobachtungen bei Sonnenaufgang wurde $=8^{\circ},03$ und um 2 Uhr Nachmittags $=8^{\circ},33$ gefunden, im Mittel also $=8^{\circ},18$, wonach für 1° R. Wärmeabnahme 788,5 Par. F. Höhenunterschied gehören oder für 1° C. 630 Par. F., etwas mehr, als gewöhnlich gefunden worden ist, wahrscheinlich weil hierbei auch Winterbeobachtungen vorhanden sind, die eine geringere Wärmeverminderung geben.

67) Mit allen bisher erhaltenen Resultaten steht auf den ersten Anblick im offenbaren Widerspruche dasjenige, welches die durch Parry und Fischer in den hohen Polargegenden angestellten Versuche ergeben haben [2]. Jene kühnen Reisenden befestigten ein Registerthermometer an einen Drachen und lieſsen diesen aufsteigen; zwei Gehülfen maſsen parallaktisch die Höhe, welche im Maximum 379 engl. Fuſs betrug, aber das Thermometer zeigte keinen Unterschied. Nach einigen vergeblichen Versuchen gelang einer vollständig, indem das Thermometer fast 15 Minuten oben blieb und ohne alle Erschütterung herabkam, aber die Indices zeigten nicht die geringste Differenz. Dr. Young [3] folgert hieraus, daſs die Abnahme der Temperatur in den arktischen Regionen sehr gering seyn müsse und sich daher kein allgemeines Gesetz über die mit der Höhe abnehmende Wärme aufstellen lasse. Wie auffallend indeſs dieses Ergebniſs scheinen mag, so setzt es doch der Erklärung nicht ganz unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen. Einmal gehört zu einer Erhebung von 379 engl. oder 355,5 Par. Fuſs nur ungefähr 0°,5 R. Wärmeverminderung und die letztere Gröſse wird im Winter, also bei gröſserer Kälte noch geringer; es war aber die Temperatur bei jenem Versuche — 24° F. oder — 31°,2 C., wonach also der zu messende Unterschied der Wärme wahrscheinlich 0°,25 C. nicht wohl übersteigen konnte, welcher durch ein Registerthermometer schwerlich angegeben wird. Inzwischen verdient doch diese anscheinend wohlbegründete Thatsache bei den

1 Biblioth. univ. T. X ff.

2 Edinb. Journ. of Science. N. XII. p. 247.

3 Quarterly Journ. of Sc. N. XLII. p. 364.

theoretischen Bestimmungen über die Ursache der tellurischen Wärme beachtet zu werden.

68) Eine Folge der mit der Höhe abnehmenden Wärme und der geringeren täglichen und jährlichen Schwankungen ist die *Schneegrenze*, worüber bereits ausführlich gehandelt worden ist [1]. Als Zusatz darf aber der wichtige Beitrag nicht übergangen werden, welchen wir den eifrigen Forschungen Pentland's [2] verdanken. Dieser fand, dafs die Schneegrenze in Oberperu nicht tiefer, als bis 16008 Par. Fufs herabging, während sie in Quito, näher am Aequator, bis 14776 Par. F. herabsteigt. Bei seinem Uebergange über den Pafs von Altos de Toledo im October fand er, dafs auf dem Inchocajo, welcher den westlichen Cordilleren angehört, die untere Schneegrenze in 15792,5 F. Höhe lag. Bei den Himalaja-Gebirgen zeigt sich eine gleiche Anomalie wegen der sie begrenzenden ausgedehnten Hochebene, aber es ist merkwürdig, dafs sie auch in Peru auf der südlichen Halbkugel angetroffen wird, da man sie bisher nur unter umgekehrten Verhältnissen auf der nördlichen kannte, dafs nämlich ausgedehnte Gebirgsebenen die Schneegrenze nach derjenigen Seite hin, woher sonst die kälteren Winde zu wehen pflegen, höher hinaufrücken. Auf den Anden von Mexico unter 18° bis 19° N. B. hört mit 13206 Par. F. alle Vegetation auf, in Peru aber, unter gleicher südlicher Breite und auf der nämlichen Bergkette, reicht der Ackerbau, ja selbst Städte und Landgüter reichen so hoch hinauf und die meisten Einwohner dieser Gegend wohnen in Höhen, in denen auf der nördlichen Halbkugel alle Vegetation aufhört.

Für Norwegen, wo die Schneegrenze ausnehmend hoch liegt, geht sie nach Hisinger [3] unter 63° N. B. bis 4950 Fufs herab. Eine gröfsere Anzahl von Bestimmungen für jene Gegenden hat Hagelstam [4] mitgetheilt. Nach diesem geht sie am Nordcap unter 71° 30′ N. B. bis 2252 Par. F. herab; vom 70. bis 69sten Breitengrade beträgt ihre Höhe 3378 Fufs; vom 68. bis 67sten Grade beträgt diese über den Küsten 3096 F.

---

1 S. Art. *Erde*. Bd. III. S. 1020.
2 Edinb. New Phil. Journ. N. XVI. p. 311.
3 Hertha. Th. IV. Zeitung S. 23.
4 Edinb. New Phil. Journ. N. X. p. 305.

auf den Bergen 3660 F. Vom 64. bis 63sten Breitengrade westlich der Gebirge (Fiallrygg) ist sie 4500 F. hoch, vom 63. bis 62sten Grade über dem Dovrefield 4973 Fuſs. Unter dem 62. bis 61sten Grade auf dem Langfield befindet sie sich in 5076 Fuſs Höhe und steigt unter dem 61. bis 60sten Grade auf dem Fillefield bis 5254 F. Höhe. Unter dem 60. bis 59sten Breitengrade endlich ist sie auf der Bergkette 5442, auf den Folgeforden aber nur 4691 F. hoch. In Schweden ist ihre Höhe etwas verschieden und beträgt unter dem 67sten Breitengrade 4128 F., unter dem 64. bis 63sten Breitengrade 4878 F., zwischen dem 61. und 60sten Breitengrade 5442 F. und unter dem 59sten Grade 5629 F.

Kämtz[1] bezweifelt, daſs die Schneegrenze unter dem 80sten Breitengrade die Erdoberfläche berühre, und glaubt, diese Linie müsse dem Pole noch näher liegen, wo nicht denselben erreichen. Es ist schwer, hierüber mit Bestimmtheit zu entscheiden, da die Schneegrenze nicht mit der mittleren Temperatur von 0° C. zusammenfällt, sondern unter dem Aequator schon bei einer etwas höheren beginnt, unter höheren Breiten aber eine um einige Grade niedrigere mittlere Wärme erfordert, weil sie hauptsächlich von der Intensität der Sommerwärme abhängt, die nicht mehr im Stande seyn darf, das gebildete Eis gänzlich aufzulösen. Wenn man berücksichtigt, in welchem Verhältnisse die Schneegrenze vom 60sten bis 70sten Breitengrade herabsinkt, so müſste sie hiernach allerdings unter 80° N. B. die Erdoberfläche berühren, allein es sind mehrere anderweitige Thatsachen zu berücksichtigen, wenn man diese Frage beantworten will. Kämtz hat die Aufgabe umfassend und gründlich untersucht, ohne jedoch zu einem überzeugenden Resultate zu gelangen, welches daher rührt, daſs die zur Entscheidung nöthigen Elemente noch nicht genügend gebracht worden sind. Das von ihm aufgestellte Argument, daſs sich an einzelnen Stellen auf Spitzbergen noch Spuren von Vegetation finden und die dortigen Eismassen eher den Gletschern beizuzählen seyen, als daſs sie die Schneegrenze bezeichnen sollten, beweist wohl nicht genügend, daſs die Grenze des ewigen Schnees erst jenseit des 80sten Breitengrades den Boden berühre, denn dort befindet sich die

1 Lehrbuch der Meteorol. Th. II. S. 174.

äufserste Grenze Spitzbergens, wo schwerlich noch Vegeta
angetroffen wird, und aufserdem werden auch an andern S
len oberhalb der Schneegrenze unter gewissen günstigen
dingungen ausnahmsweise einige Vegetabilien gefunden.
Gewifsheit die Linie anzugeben, wo an den verschiede
Orten der Erde die Schneegrenze den Boden berührt oder
Sphäroid der Schneegrenze in das Erdsphäroid einschnei
wird jedoch für jetzt noch niemand wagen.

69) Diese Aufgabe steht im genauesten Zusammenha
mit der Frage über den Einflufs, welchen die mit der H
zunehmende Kälte auf die *Vegetation* ausübt. Inzwischen
diese Untersuchung rücksichtlich der darüber vorhand
Thatsachen von so unermefslichem Umfange und greift s
in das Gebiet der Pflanzenphysiologie ein, dafs ich nur
nige wenige Bemerkungen mittheilen kann. Im Allgem
wird angenommen, dafs die durch die Höhe bedingte
einen gleichen Einflufs auf die Vegetabilien ausübe, als
unter höheren Breitengraden statt findende. Gegen diese
nahme an sich läfst sich nichts einwenden, sofern besti
Intensitäten der Wärme zum Gedeihen der verschiedenen
zenarten unumgänglich erforderlich sind, inzwischen k
doch für beide Verhältnisse noch andere Bedingungen in
trachtung. Auf hohen Bergen ist die Luft dünner und
Sonnenstrahlen erzeugen in den festen Körpern, worauf
fallen, eine gröfsere Wärme, als dieses unter hohen B
in geringer Erhebung bei oft trübem Himmel geschehn
allein der hieraus erwachsende Vortheil wird mehr als
ständig aufgehoben durch die starken Strömungen der
nen Luft, die auf zartere Gewächse selbst in geringen
schon einen nachtheiligen Einflufs ausüben, gegen welch
nur durch umgebende Gegenstände geschützt werden.

Unter den Beobachtern, welche den Einflufs der
auf die Vegetation vorzüglich beachtet haben, ist vor
v. Humboldt zu nennen[1]. Vom Rio de Guayaquil a
Chimboraço reicht

bis 2700 Fufs die Region der Palmen und Pisangs,
— 9000 — — — der tropischen Eichen und
chonen,

1 Dessen Reisen. Uebers. Th. III. S. 80.

000 Fuſs die Region der Escallonien und Zimmt-Wintera's,
600 — — — der kräuterartigen Alpenpflanzen,
600 — — — der Gräser und kryptogamischen Gewächse.

Pöppig[1] reicht die Vegetationsgrenze am Popocatepetl 1693 Fuſs, die Grenze des Nadelholzes bis 12544 F. Bei ico in Peru wächst Mais bis 2770 F., und an einigen , wo er ringsum nicht mehr gedeiht, reicht er bis zu Höhe von 3232 F. Die gröſste bis jetzt bekannte Höhe, elcher man noch Gewächse gefunden hat[2], befindet sich r Himalaya-Gebirgskette, woselbst Webb unweit des Kedarnoth in 14004 F. Höhe noch 8 F. hohe Pappeln. Tamarisken nebst Kornbau und Weideplätzen antraf und n eine geruchlose Art Salbei sogar in 15952 F. Höhe Kuhl untersuchte auf Madeira die mit der Höhe abende Vegetation; die Cactus reichten bis 630 F., der stock bis 2030 F. und der Wallnuſsbaum bis 2950 F., wohin sich auch das Spartium erstreckte, während die len den Raum von 3920 bis 4080 F. inne hatten. Eine so ausführliche als gründliche Untersuchung über die Temurverhältnisse und die diesen angemessene Vegetation auf Pic du Midi hat Ramond[3] angestellt. Nach de Saus-[4] wird in den Alpen *silene acaulis* noch in 10680 F. angetroffen, *aretia helvetica* und *ranunculus glacialis* 500 F. Höhe, obgleich die Schneegrenze daselbst bei nen Spitzen bis 8400 und bei Bergketten bis 7800 F. geht. Unter Anderen hat auch v. Welden[5] die Höhen mt, welche die verschiedenen Gewächse in den Alpen hen. Hiernach gehn die Grenzen des Hochwaldes am -Rosa bis 7000 F. über der Meeresfläche, ebenso hoch abor in Savoyen, in Salzburg dagegen nur bis 5000 F. n Splügen bis 4400 F. Getreide wächst am Monte-Rosa er Südseite bis 5880 F. Höhe, gegen den Mont-Cervin is 5700 F., bei Aosta am groſsen Bernhard bis 4938 F., gen dasselbe an der Nordseite am Monte-Rosa nur eine

[1] Froriep Notizen Th. XXXI. S. 327.
[2] Vergl. Art. *Erde*. Bd. III. S. 1030.
[3] Mém. de l'Institut. T. VI. p. 81.
[4] Biblioth. univ. T. XIV. p. 288.
[5] Der Monte-Rosa u. s. w. Wien 1824.

Höhe von 4000 F., in Splügen von 3887 F., am Bernhard von 3903 F., bei Airolo von 3898 F. erreicht. Endlich wächst noch Wein an der Südseite des Monte-Rosa in Sesia bis 3093 F., an der Nordseite bis 2200 F. Höhe, am Bernhard bei Suazea bis 3026 F., bei Giornico bis 1698 F. und bei Splügen bis 1149 F.

Einen reichen Schatz von Thatsachen, wie bei allen seinen Forschungen, hat auch L. v. Buch[1] über diejenigen Höhen mitgetheilt, welche die Vegetabilien namentlich auf den Alpen und den norwegischen Gebirgen erreichen. Vorzügliche Beachtung verdient der Umstand, daſs Baumarten, die in den Alpen gröſsere Höhen erreichen, als andere, in Norwegen ein umgekehrtes Verhalten zeigen[2]. So läſst die Fichte (*pinus silvestris*) in Lappland die Tanne (*pinus abies*) weit hinter sich, bleibt aber in der Schweiz bei 3000 Fuſs zurück, indeſs die Tanne eine Höhe von 7000 F. erreicht. Folgende Tabelle giebt eine Uebersicht der Vegetationsgrenzen verschiedener Gewächse an beiden Orten.

Alpen von 45°,25 bis 46°,5		Norwegen unter 70° N. B.	
Weinbau	2432 F.	Fichte	730 F.
Nuſsbaum	3564 —	Birke	1483 —
Kirschbaum	4164 —	Heidelbeere	1980 —
Buche	4815 —	Salix myrsinites	2019 —
Tanne	6420 —	Zwergbirke	2576 —
Rhododendron	6840 —	Untere Schneegrenze	3300 —
Untere Schneegrenze	8540 —		

Zur Vergleichung hiermit dienen die Bestimmungen von Ch. Fr. Naumann[3], welcher in Norwegen unter 62° N. B. die Grenze der Fichten in 2754 F. und der Birke in 3285 F. Höhe setzt, die Schneegrenze am Schneehätten aber in 5074 Par. F. Höhe. Die ausführlichsten Untersuchungen über die Höhen, bis zu denen die verschiedenen Vegetabilien sich auf

1 G. XLI. 1 ff. 46. Vergl. Reisen II. 133.

2 Ein ähnliches abnormes Verhalten hat auch A. Erman in Sibirien wahrgenommen. S. Dessen Reisen Th. II.

3 Beiträge zur Kenntniſs Norwegens. II Bde. Leipz. 1824.

der skandinavischen Halbinsel erheben, hat Wahlenberg[1] aufgestellt, wonach die Temperatur eines Ortes am sichersten aus dem Verhalten der sämmtlichen, einer gewissen Tiefe unter der Schneegrenze zugehörigen Pflanzengattungen bestimmt werden kann. Nach ihm erhält die Fichte zuletzt ein verkrüppeltes Ansehn, reicht aber in dieser Gestalt nicht weiter, als bis 3200 Fuſs unter der Schneegrenze. Mit ihr zugleich hören *rosa cinnamomia* Ehrh., *convallaria bifolia* und andere Kräuter auf. Die Kiefer im verkrüppelten Zustande mit niedrigem Stamme und dicken breiten Zweigen reicht bis 3000 Fuſs. Die Heidelbeere reift in dieser Höhe nicht mehr, auch gedeiht dort keine Art der Cerealien, wohl aber können Kartoffeln und Rüben bis 2600 Fuſs unter der Schneegrenze noch mit geringem Ertrage gebaut werden. Birken erreichen eine Höhe von 2000 Fuſs unter der Schneegrenze, als letzte, so strenger Kälte widerstehende Holzart, jedoch nur in verkrüppeltem Zustande und etwa von Mannshöhe. Schon früher hören *sorbus aucuparia*, zuletzt unfruchtbar, *erica vulgaris*, *rubus arcticus sterilis*, *aconitum lycoctonum* u. a. auf, der Alpenlachs reicht bis in diese Region und damit hören die Fische auf. Höher hinauf findet man, jedoch bloſs an Wasserrinnen und Bächen, *salix glauca* und zerstreute Büsche von *salix hastata*, die Moltebeere reift dort und an sonnigen Stellen wächst *veronica alpina*; *viola biflora* und andere Species dieser Gattungen gedeihn in dieser Höhe von 1400 Fuſs unter der Schneegrenze, wohin die Schneekoppe reicht. In gröſseren Höhen gedeiht kein Strauch, denn *salix lanata* wird am Wasser bloſs eine Elle hoch, *betula nana* kriecht an der Erde, aber die Rauschbeere (*empetrum nigrum*) gedeiht von vorzüglicher Güte in dieser Höhe von 800 Fuſs unter der Schneegrenze, bis wohin auch die Lappen mit ihren Zelten gehen. Noch höher, bis 100 F. unter der Schneegrenze, bleiben einige Flecke stets von Schnee bedeckt, doch wachsen an einigen Stellen *gentiana tenella* und *nivalis* nebst *campanula uniflora*, an schattigen *pedicularis hirsuta* und *flammea*. Bis an die Schneegrenze selbst reichen die an einigen

[1] Flora lapponica. Berol. 1812. Bericht über Messungen u. Beobachtungen zur Bestimmung der Höhe und Temperatur d. lappländischen Alpen. Uebers. von Hausmann. Gött. 1812. 4.

sonnigen Stellen wachsenden *saxifraga*, *ranunculus glacialis*, *iuncus curvatus* und *silene acaulis* und die Region gleicht dem Klima von Spitzbergen an der Küste unter 80° N. B. und von Novaja Semlia. Einzelne Pflanzen von *ranunculus glacialis* übersteigen sogar die Schneegrenze um 500 Fuſs und wachsen daselbst in schneefreien Felsensprüngen. Ueber diese Höhe hinaus wird der Schnee selten feucht, an Felsenwänden wachsen einige *lichenes*, namentlich *umbilicati*, und die Schneeammer ist das einzige lebende Geschöpf in diesen Regionen, das sich bis 2000 Fuſs über die Schneegrenze erhebt, womit dann zugleich alles Leben und jede Vegetation aufhört.

Eine vollständige Aufzählung aller Pflanzenspecies, welche auf Schottlands Hochgebirgen den verschiedenen Höhen von 4000 bis 3000 engl. Fuſs, dann von 3000 bis 2000 F., endlich von 2000 bis 1000 F. und geringerer Höhe angehören, hat Watson[1] mitgetheilt, und ebenso besitzen wir eine Zusammenstellung derjenigen, die auf den Faröer Inseln unter 61° 26′ bis 62° 25′ N. B. bis zu Höhen von 3000 engl. F. wachsen, von Trevelyan[2], beide sind aber für eine kurze Uebersicht zu ausführlich und vorzugsweise nur für den Botaniker interessant.

70) Wenn man neben der Temperatur der Luft zugleich die des Bodens berücksichtigt, welche oben (Abth. B. d.) untersucht wurde, so kommt die durch G. Bischof[3] aufgeworfene und untersuchte Frage in Betrachtung, ob beide mit der Höhe auf gleiche Weise abnehmen. Die Thatsachen zu dieser Bestimmung hat Boussingault[4] geliefert, welcher in der tropischen Zone zwischen 11° N. B. und 5° S. B. die Bodentemperatur in verschiedenen Höhen maſs. Bischof hat 128 dieser Messungen zusammengestellt und findet hiernach, indem er die ganze Höhe von der Meeresfläche bis zu dem 16805 F. hohen Gletscher des Antisana in 4 Theile theilt, wonach also 32 Messungen auf jeden Theil kommen, die der Wärmeabnahme von 1° R. zugehörigen Höhen:

---

1 Edinburgh New Phil. Journ. N. XXVIII. p. 317.
2 Ebend. N. XXXV. p. 154.
3 Poggendorff Ann. XXXV. 211.
4 Ann. Chim. et Phys. T. LIII. p. 225.

Höhen über der Meeresfläche	Temperaturabnahme von 1° R.
0 Fufs bis 2262 Fufs	699 Fufs
2318 — — 5260 —	671 —
5297 — — 8129 —	698 —
8160 — —16805 —	670 —
0 — —16805	Mittel 677 —

iese mittlere Bestimmung übertrifft die durch Al. von Humoldt für die Temperaturabnahme der Luft unter den Tron gefundene um 23 Fufs, was wohl daraus erklärlich wird, ıſs die Wärme bei isolirten steilen Bergen schneller abnimmt, s bei groſsen Bergmassen, und auſserdem mag die Temperaırabnahme der Luft immerhin etwas anders seyn als die des Bodens. Gegen ein ähnliches Resultat, welches Forchhammer[1] aus seinen Messungen der Quellentemperatur auf den Faröer Inseln entnommen hat, wonach sich bei den Quellen im Ganzen eine gleiche regelmäſsige Wärmeabnahme in zunehmenden Höhen findet, als bei der Luft, wendet Bischof mit Grunde ein, daſs die Angaben der Quellen unsicher sind und daſs nicht genau bestimmt ist, welches Fuſsmaſs anzunehmen sey, wenn auf 1° R. Temperaturabnahme 643 Fuſs Höhenunterschied gerechnet wird. Endlich ist noch zu bemerken, daſs Bischof nach seiner oben §. 54. angegebenen Voraussetzung, daſs die Bodentemperatur von der Lufttemperatur nicht verschieden sey, die Messungen der Wärme vermittelst bis 4 Fuſs Tiefe eingesenkter Flaschen zur Ermittelung der mit zunehmender Höhe abnehmenden Temperatur in Vorschlag gebracht habe. Durch Anwendung dieser Methode erhielt er aus einjährigen Messungen zu Bonn und auf der Löwenburg für 683 Fuſs 1° R. Wärmeabnahme. Setzt man hierfür 660 Par. Fuſs, so kommt diese Bestimmung der durch Boussingault unter den Tropen gefundenen sehr nahe.

c) Mittlere tägliche Temperatur.

Insofern die Erwärmung der Luft in geringer Höhe über der Erde bei weitem dem gröſsten Theile nach vom Ein-

1 Karsten Archiv für Mineralogie u. s. w. Th. II. S. 199.

flusse der Sonnenstrahlen abhängt, welche theils in der Luft selbst, theils im Boden Wärme erzeugen, muſs nothwendig die Temperatur bei der Anwesenheit der Sonne über dem Horizonte eine andere seyn, als nach dem Untergange derselben. Es ist daher allgemein bekannt, daſs die tägliche Wärme vom Sonnenaufgange an steigt, im Laufe des Tages ein Maximum erreicht, dann wieder sinkt, bis sie nach erreichtem Minimum während der Nacht den nämlichen Gang abermals beginnt. Es kann also hier nur der Zweck seyn, das Gesetz dieses täglichen Wechsels und die verschiedenen Modificationen desselben näher zu untersuchen[1].

71) Es giebt eine zahllose Menge von Beobachtungen, die zur Ausmittelung des täglichen Ganges des Thermometers angestellt wurden. Unter die beachtenswerthen gehören die bereits erwähnten von Pictet[2], wonach der kälteste Augenblick unmittelbar vor dem Aufgange der Sonne fiel, dann ein Steigen des Thermometers eintrat, bis gegen drei Uhr Nachmittags das Maximum erreicht wurde. Lambert[3] hat die Aufgabe theoretisch untersucht und 5 Tage nach einander für diesen Zweck Beobachtungen zu Chur angestellt. Das Maximum der täglichen Temperatur setzt er in den längsten Tagen auf 3 Uhr Nachmittags, bei abnehmender Tagslänge rückt dasselbe dem Mittage näher und fällt bei 8 Stunden langen Tagen auf 2 Uhr Nachmittags, bei 12 Stunden langen auf 2,5 Uhr. Zu den Messungen der Thermometer-Aenderungen wählte er indeſs nur ganz heitere Tage, weil Wind und Wolken den zunächst zu untersuchenden Einfluſs der Sonnenstrahlen stören. In der Zeit vom 13ten bis 17ten Juli fiel zu Chur das Maximum am 1sten auf 3,5 Uhr, am 2ten auf 3 Uhr, am 3ten auf 3 Uhr, am 4ten und 5ten gleichfalls auf 3 Uhr, lag jedoch nach Vergleichung der angrenzenden Thermometerstände allezeit jenseit dieser Stunde, so daſs

---

1 Kämtz Meteor. I. S. 62. hat versucht, den täglichen Gang der Temperatur als eine Function der Sonnenhöhe durch einen analytischen Ausdruck zu bezeichnen, allein dieser kann sich nicht zugleich auf die Nacht erstrecken und directe Beobachtungen bleiben stets das sicherste Mittel.

2 Versuch über das Feuer. §. 134. S. 165.

3 Pyrometrie. Berl. 1779. 4. S. 322.

man im Mittel füglich 3,25 Uhr annehmen könnte. Die frühesten wichtigsten Beobachtungen zur Ausmittelung des täglichen Ganges der Wärme sind die von CHIMINELLO[1] in den Jahren 1778, 1779 und 1780 angestellten, im Sommer von 4 Uhr Morgens bis 11 Uhr Abends und abwechselnd um 12, 1, 2 und 3 Uhr Nachts, im Winter von 7 Uhr Morgens bis 10 Uhr Abends und abwechselnd in den zwischenliegenden Stunden. SCHOUW[2] hat diese interpolirt und übersichtlich zusammengestellt, wonach das Minimum im Januar und Februar auf 7h, im März auf 6h, im April auf 5h, im Mai, Juni und Juli auf 4h, im August zwischen 4 und 5h, im September und October auf 5h, im November und December wieder auf 7h Morgens fällt, das Maximum aber im Januar nach 2h, im Februar, März und April auf 3h, im Mai auf 2h,5, im Juni und Juli auf 2h, im August, September und October zwischen 2h und 3h, im November und December auf 2h Nachmittags. Von geringerem Umfange, aber von sehr grofsem Werthe wegen ihrer seltenen Genauigkeit, sind die von NEUBER zu Apenrade vom Juni 1822 bis Juni 1823 und ebenso für 1824 bis 1825 mit wenigen Ausnahmen alle zwei Stunden von Morgens 7 bis Abends 11 Uhr und aufserdem Mittags 12 Uhr angestellten täglichen 10 Beobachtungen. Aus ihrer Zusammenstellung durch SCHOUW[3] geht hervor, dafs das Maximum auf 1 Uhr fällt, jedoch von dem Stande um 3 Uhr nur wenig abweicht, was, mit CHIMINELLO's Resultaten verglichen, wahrscheinlich auf einen Einflufs der nahen See deutet, welche nicht so, wie die Erde, durch längere Einwirkung der Sonnenstrahlen erst später den höchsten Grad der Temperatur erhält, vorzüglich aber die täglichen Schwankungen der Temperatur bedeutend vermindert. Von 7h Morgens bis 9h steigt das Thermometer schneller und fast auf gleiche Weise von da bis 11h, dann merklich langsamer, bis zum Maximum, bei welchem, um 1h gesetzt, ein Stillstand ein-

---

1 Saggi scientifici di Padova. Pad. 1786. 4. T. I. p. 196. 208. Toaldo Saggio meteorologico sulla vera influenza degli astri. Ediz. sec. Pad. 1781. p. 11.

2 Pflanzengeographie S. 67—72. Vergl. KÄMTZ Meteorol. Th. I. S. 64.

3 Collectanea meteorologica sub ausp. Soc. sc. danicae edita. Fasc. I. Hafn. 1829. 4. p. 196.

tritt, worauf das Thermometer etwas sinkt, bis 5 Uhr, dann wieder schneller bis 9 und langsamer bis 11 Uhr Abends.

72) Bei weitem vom gröfsten Umfange sind die Beobachtungen, deren Anstellung Brewster zuerst in den Jahren 1824 und 1825 veranstaltete[1], zunächst um diejenigen zwei Stunden aufzufinden, in welche die tägliche mittlere Temperatur fällt. Sie wurden von den Wache haltenden Offizieren auf Forth Leith stündlich an einem Thermometer gemacht, welches 25 Fufs über der Oberfläche des Meeres und 200 Yards von der Küste entfernt aufgehängt war, auf welches daher die Nähe der See nothwendig einen Einflufs ausüben mufste. Hiernach fiel im Mittel das Minimum im Jahre 1824 im Januar auf 5 Uhr, im Februar auf 8 Uhr, im März auf 8 Uhr, im April auf 5 Uhr, im Mai und Juni auf 4,5 Uhr, im August, September und October auf 4 Uhr, im November und December auf 5 Uhr Morgens. Im Jahre 1825 fiel dasselbe im Januar und Februar auf 6 Uhr, im März und April auf 5 Uhr, im Mai, Juni und Juli auf 4 Uhr, im August, September, October, November und December auf 5 Uhr Morgens. Nach den Ergebnissen im Jahre 1824 fällt das Minimum zwischen 4 bis 5 Uhr Morgens, die Wärme wächst dann regelmäfsig bis 3 Uhr Nachmittags, von wo an sie bis zum Minimum am nächsten Tage wieder abnimmt, so dafs das Steigen 9^h 40′, das Sinken 14^h 20′ dauert. Trennt man Sommer und Winter von einander, die 6 Monate des ersteren mit April anfangend, so fällt das Minimum im Sommer auf 4^h Morgens, das Maximum auf 3^h Nachmittags, im Winter dagegen fällt ersteres auf 6^h Morgens, letzteres auf 2^h Nachmittags.

73) Quetelet hat zu Brüssel auf Veranlassung der durch Herschel in Anregung gebrachten correspondirenden Beobachtungen an einzelnen Tagen den Stand des Thermometers stündlich aufgezeichnet, allein auf diese Weise erhält man nicht selten sehr bedeutende Anomalieen. So fiel am 22. Juni 1835 das Maximum der Temperatur zwischen 3 und 4 Uhr, das Minimum am 23. schon um 1 Uhr Morgens, das Maximum an diesem Tage aber um 10 Uhr Morgens, was eine Folge des einfallenden Regens war[2]. Am 21. Sept. dagegen

1 Edinb. Journ. of Science. N. IX. p. 18.

2 Bulletins de l'Acad. Roy. des Sc. et belles Lett. de Bruxelles 1835. T. II. p. 254. 327. T. III. p. 5. 104. 238.

fiel das Maximum auf 3^h Nachmittags, das folgende Minimum auf 6^h Morgens und dann wieder das Maximum am 22. zwischen 2 und 3 Uhr. Am 21. Dec. fiel das Maximum schon auf 1^h Nachmittags, dann folgte das Minimum um 12 Uhr Nachts und am 22. das Maximum wieder genau um 3^h Nachmittags. Am 21. März 1836 fiel das Maximum auf 3^h Nachmittags, dann das Minimum auf 5^h Morgens und abermals das Maximum zwischen 3 und 4 Uhr Nachmittags. Endlich am 21. Juni desselben Jahres fiel das Maximum auf 2 Uhr Nachmittags, das Minimum schon auf 8^h Abends und am 22. wieder das Maximum zwischen 4 und 5 Uhr Nachmittags. Man sieht hieraus, dafs zwar allerdings die durch Schouw[1] aus der Zusammenstellung der Beobachtungen von Padua, Leith und Apenrade abgeleiteten Regeln existiren, wonach der kälteste Punct um 5 Uhr Morgens, der wärmste zu Leith um 3^h, zu Padua um 2^h Nachmittags eintritt, das Thermometer am stärksten gleich nach dem Minimum steigt, nach dem Maximum fällt, das Steigen endlich 9 bis 10 Stunden, das Fallen aber 14 bis 15 Stunden dauert, dafs aber in jedem einzelnen Falle die wirkliche Temperatur sich sehr weit von diesem allgemeinen Mittel entfernt. So fiel zu Brüssel[2] nach Beobachtungen, die in den Jahren 1834, 1835 und 1836 an einem an der Nordseite im Schatten 15 Fufs über dem Boden aufgehängten Thermometer gemacht wurden, das Maximum im Mittel auf 1^h 25′. Bei drei andern Thermometern, welche im März, Juni, September, October, November und December mit Ausnahme der regnerischen Tage beobachtet wurden, fiel das Maximum bei dem ersten, dessen Kugel den von der Sonne beschienenen Erdboden berührte, auf 0^h 39′, bei dem zweiten, dessen Kugel zur Hälfte eingescharrt war, auf 0^h 53′ und bei einem dritten, dessen Kugel sich unmittelbar unter dem Boden befand, auf 0^h 53′.

74) Diese sämmtlichen Beobachtungen sind unter mittleren und höheren Breiten angestellt worden, aus niederen dagegen fehlen dieselben, und es sind mir blofs diejenigen bekannt, wel-

---

1 Beiträge zur vergleichenden Klimatologie. 1. Hft. Collectan. meteor. Fasc. I. Edinb. Philos. Journ. N. IX. p. 186.

2 Mémoire sur les Variations diurne et annuelle de la Température etc. Par Quetelet. Brux. 1837. p. 18.

che v. Horner und Langsdorff vom 16. Aug. bis 8. Mai und vom 19. Mai bis 25. Juni angestellt haben[1]. Hiernach fällt im Mittel das Maximum auf 1^h Nachmittags und das Minimum auf 5^h Morgens. Das Maximum der täglichen Wärme scheint also unter höheren Breiten hauptsächlich in den Sommermonaten später, als unter niederen einzutreffen, übereinstimmend mit v. Lindenau's[2] theoretischen Untersuchungen und Kirwan's[3] allgemeiner Regel, wonach das Maximum zwischen 60° und 45° N. B. um 2,5 Uhr, zwischen 45° und 35° um 2 Uhr, zwischen 35° und 25° um 1,5 Uhr und zwischen 25° bis 0° N. B. um 1 Uhr fällt. Auch John Davy[4] giebt 12 Uhr als die Zeit des Maximums an, allein dieses war auf der See, statt dafs v. Humboldt[5] unter 2° 10′ N. B. dieses auf 2 Uhr setzt. Der Einflufs des Meeres und der Seewinde zeigt sich in dieser Beziehung noch stärker auf manchen Inseln und Meeresküsten, denn nach Thibaut de Chanvallon[6] ist die Zeit des Maximums der täglichen Wärme unter niederen Breiten 1 Uhr, nie später als 1,5 Uhr, zuweilen schon zwischen 11 bis 12 Uhr, und nach Le Gentil[7] auf Pondichery sogar zwischen 9 bis 11 Uhr, welches nach Falbe[8] auch zu Tunis bei Nord- und Nordostwinden statt findet.

Ueber das Verhalten der täglichen Wärme unter hohen Breiten ist Baer[9] durch Zusammenstellung der später zu erwähnenden Beobachtungen zu Jemteland, Enontekis, Boothia und auf Novaja Semlia zu einigen interessanten Resultaten gelangt. Nach seiner Ansicht fällt die gröfste tägliche Wärme unter hohen Breiten zwar gleichfalls auf verschiedene Stunden, tritt aber im Ganzen früher ein, als unter niederen Breiten. Auf Novaja Semlia unter 73° N. B. an der westlichen Küste ist vom März bis September die Wärme um 12 Uhr Mittags

1 V. Krusenstern Reise. Th. III. Anh.
2 v. Zach Monatl. Correspondenz Th. XV. S. 51.
3 Physisch-chem. Schriften von v. Crell. Berl. 1783. Th. III. S. 140. nach Kämtz Met. I. 85.
4 G. LXVI. 117.
5 Journ. de Phys. T. LXVI. p. 425.
6 Voyage à la Martinique. 1763.
7 Voyage T. I. p. 484. Nach Kämtz a. a. O.
8 Poggendorff XIV. 626.
9 Bulletin scientifique publié par l'Academie impériale des Sciences de St. Petersbourg. T. II. N. 19.

beträchtlich gröfser, als um 2 Uhr, unter 71° an der Ostküste ist die Wärme vom April bis October um 2 Uhr höher als um 12 Uhr, die höchste fällt aber vor 2 Uhr und liegt im Februar und März dem Mittage sehr nahe. Ebenso berichtet v. Wrangel, dafs an der Nordküste Sibiriens die höchste Wärme nahe in die Zeit des Mittags fällt. Auch zu Boothia fällt das Maximum der täglichen Temperatur vor 2 Uhr, blofs im Juli auf diese Stunde oder etwas nach derselben. Sehr auffallend sind die Anomalieen, welche sich auf Novaja Semlia während der Wintermonate in dieser Beziehung zeigten, und zwar mit einer solchen Regelmäfsigkeit, dafs sie nicht auf Zufälligkeiten beruhen können. Dort fiel an der Westküste im November das Maximum auf 6 Uhr Nachmittags, im December nach 10 Uhr Abends, im Januar zwischen Mitternacht und 2 Uhr Morgens, und im Februar zwar nach Mittag, aber dennoch war eine Erwärmung nach Mitternacht wahrnehmbar. Die Uebersicht aller genannten Beobachtungen, insbesondere der zu Boothia angestellten, führt indefs dennoch zu dem Resultate, dafs im hohen Norden das Minimum der täglichen Temperatur bald nach Mitternacht fällt[1] und die beginnende Dämmerung einen abkühlenden Einflufs haben mufs. Auf Novaja Semlia unter 71° N. B. fällt das Minimum im November und Januar ungefähr auf 8 Uhr Morgens, unter 73° etwas später, etwa um 10 Uhr, und zu Boothia in den genannten Monaten gleichfalls auf 8 bis 9 Uhr Morgens. Uebrigens haben nicht blofs die Breitengrade, sondern auch andere Oertlichkeiten einen merklichen Einflufs auf den täglichen Gang der Temperatur. So erzählt Royle[2], dafs auf den Bergen Indiens das Thermometer von Sonnenaufgang bis 10^h Morgens steigt, dann aber wegen des scharfen Windes stationär bleibt und bei Nacht sinkt.

75) Beim täglichen Gange der Wärme verdient noch ein Umstand bemerkt zu werden, welcher zwar sehr bekannt, aber noch keineswegs genügend erklärt ist. Hauptsächlich beim Aufgange der Sonne, unmittelbar vor demselben oder während desselben,

---

1 Der anscheinende Widerspruch beider Sätze verschwindet, wenn man die höchst unbedeutende tägliche Oscillation der Wärme in den Wintermonaten berücksichtigt.

2 Biblioth. univ. 1834. p. 4. Aus Journ. of Asiat. Soc. Calcutta 1832. Mars.

weit seltener im Anfange ihrer Erhebung über den Horizont empfindet man eine auffallende Kälte, in weit geringerem Grade beim Untergange der Sonne oder unmittelbar nach demselben. Schwerlich wird man die Richtigkeit der Thatsache in Abrede stellen, da viele Tausende von Zeugen, welche dieses Phänomen beachtet haben, die Bestätigung derselben gern übernehmen würden und das eben erwähnte, durch Baer gefundene Resultat, wonach die Dämmerung abkühlend wirkt, sehr zur Bestätigung dient. Die Nerven der Menschen scheinen empfindlicher für diese kurzdauernde Entziehung der Wärme zu seyn, als die Thermometer, obwohl auch die letzteren die Sache bestätigen, wie dieses namentlich aus Pictet's[1] erwähnten Beobachtungen hervorgeht, welcher den kältesten Augenblick unmittelbar vor dem Aufgange der Sonne wahrnahm, statt dafs Miles[2] ihn eine halbe Stunde vorher setzt. Nach meinen eigenen vielfachen Erfahrungen ist die erste Zeitbestimmung in der Regel die richtigere, dafs nämlich die empfindliche Kälte unmittelbar vor Sonnenaufgang und nach ihrem Untergange eintritt, doch wird sie beim Aufgange zuweilen schon einige, bis dreifsig Minuten früher empfunden. Pictet findet die Ursache des Phänomens darin, dafs die von der Erde am Tage aufgenommene oder beim Aufgange neu in ihr erregte Wärme an der Oberfläche den Procefs der Verdampfung einleitet, wozu dann die über ihr ruhende Luftschicht einen Theil ihrer Wärme hergiebt. Auch v. Humboldt[3] leitet die Erscheinung von der Verdunstung ab, die er jedoch ungleich angemessener den zuerst auffallenden Sonnenstrahlen zuschreibt, wogegen jedoch Kämtz einwendet, dafs die unausgesetzt statt findende Verdunstung schwerlich im Augenblicke des Sonnenaufganges bedeutend vermehrt werden könne. Am wichtigsten scheint mir der Umstand zu seyn, dafs die kurze Temperaturverminderung nicht blofs vor Sonnenaufgang, sondern auch nach Sonnenuntergang statt findet und jede Erklärung beiden Erscheinungen gleichmäfsig angepafst seyn mufs. Dieses ist allerdings mehr der Fall bei der durch J. T. Mayer[4] gegebenen Erklärung, welcher

1 Vom Feuer. §. 184. S. 165. u. 170.
2 Philos. Trans. 1758. p. 526.
3 Voyage. T. XI. p. 17. T. VI. p. 80. aus Kämtz Meteorol. Th. I. S. 33.
4 Lehrbuch d. phys. Astronomie. S. 164.

ie gröſsere Expansion der oberen Luftschichten durch die auf ie fallenden Sonnenstrahlen und ihre hierdurch vermehrte Värmecapacität als die wirkende Ursache betrachtet, was mit Vahlenberg's[1] Ansicht übereinstimmt. Nach Kämtz liegt ie Ursache in einer vermehrten Strahlung, bewirkt durch die n den oberen Luftschichten hervorgebrachte stärkere Auflösung der Dunstbläschen. Obgleich diese Erklärung zunächst nur auf die Morgenkälte paſst, so muſs sie doch als plausibel gelten, sobald man einmal eine Wärmestrahlung dieser Art annimmt[2].

Chiminello hat seine Beobachtungen hauptsächlich in der Absicht angestellt, um aus dem regelmäſsigen Gange der Temperatur diejenigen Stunden aufzufinden, die sich von den Extremen auf gleiche Weise entfernen, also die mittlere Wärme eines ganzen Tages angeben, und ebendieser Zweck lag auch bei den durch Brewster veranlaſsten Beobachtungen zum Grunde. Indem nämlich die Temperatur in den verschiedenen Stunden des Tags bedeutend wechselt, so kann jede einzelne Beobachtung nur die gerade zu der Zeit statt findende angeben, die jedoch für eine andere nicht paſst. Bei näherem Nachdenken ergiebt sich bald, daſs eigentlich jeder Wechsel und die Dauer einer gemessenen Temperatur aufgezeichnet, also die Summe der an einem Tage statt findenden Wärme gemessen und auf die gegebene Zeit vertheilt werden müſste[3]. Hierzu würde jedoch eine unausgesetzte Dauer des Beobachtens erforderlich seyn, ein Aufwand, welcher die Unmöglichkeit der Ausführung deutlich hervortreten läſst. Ungleich leichter wäre es daher, wenn man den Gang der täglichen Temperatur als eine Function der Erwärmung durch die Sonnenstrahlen betrachten und die Curve der täglichen Wärme auf diese Weise theoretisch bestimmen könnte. Kämtz erwähnt die wichtigsten hierüber vorhandenen Arbei-

---

1 De vegetatione et climate in Helvetia septent. p. LXXXVI.

2 Vergl. Art. *Wärme*.

3 Die Beobachtungen, welche Ross auf Boothia durch seine unbeschäftigten Begleiter anstellen lieſs, sind im Appendix seiner Reisebeschreibung so aufgezeichnet, daſs die Thermometergrade den Zähler und die Dauer in Stunden den Nenner eines Bruches bilden.

ten von Halley[1], Kästner[2], L. Euler[3], Tralles[4] u
E. Schmidt[5], die auf sehr verwickelte Rechnungen füh
ohne ein den Forderungen völlig genügendes Resultat zu
fern. Beobachtungen bleiben daher das einzige Mittel, um
Gang der täglichen Temperatur aufzufinden. Verlangt
hierbei aber völlige Genauigkeit, so müfste jede Aend-
des Thermometers mit Rücksicht auf die Zeitdauer zwis
den Aenderungen aufgezeichnet werden. Würden dann
so gefundenen Zeiten auf eine Abscissenlinie, deren g
Länge als Einheit die Tageslänge ausdrückte, aufgetragen
auf die so gegebenen Puncte die Temperaturen als Ordinaten
fällt, so gäbe eine Curve durch die Endpuncte der letzt-
die Curve der täglichen Temperatur. Wirkliche Beobachtu
zeigen jedoch bald, dafs selbst während der Dauer we
Stunden häufig Unregelmäfsigkeiten vorkommen und
nur durch Vereinigung mehrtägiger Messungen eine den
lichen mittleren täglichen Gang der Temperatur ann
darstellende Curve erhalten werde[6].

76) Allein auch diese Methode ist allzu mühsam, als
sie ausführbar seyn sollte, und man nimmt daher mit
gendem Grunde an, dafs stündliche Beobachtungen, viele
hindurch fortgesetzt, den wahren Gang der Temperatur
drücken, wonach dann das Mittel aus allen diesen für
wahre mittlere Temperatur gelten kann. Selbst aber fo
setzte stündliche Beobachtungen sind wegen der beschw
chen Nachtwachen eine grofse Seltenheit und wir haben
längere Zeit fortgesetzte nur die angegebenen zweijäh-
zu Leith und die gleichfalls genannten zu Boothia ange
ten, denn selbst die von Padua sind für die Nachtstu
gröfstentheils interpolirt. Unter der Voraussetzung eines
Ganzen regelmäfsigen Ganges der Temperatur ist eine s
Interpolation allerdings statthaft. Hierfür könnte man d
eben genannte Methode der rechtwinkligen Coordinaten
len, weil jedoch die Gröfsen nach 24 Stunden periodisch

1 Philosoph. Trans. for 1693. p. 878.
2 Hamburgisches Magazin Th. II. S. 426.
3 Comment. Petrop. T. XI. p. 82.
4 Abhandl. d. Berliner Akad. d. Wiss. 1818 u. 19. S. 57.
5 Mathemat. u. phys. Geographie. Th. II. S. 354. §. 235.
6 Vergl. Kämtz Meteorologie Th. I. S. 60.

[illegible]ehren, so bedient man sich lieber der Polarcoordinaten, [illegible] man die Zeiten durch Winkel des Kreises und die [illegible] dieser Winkel zugehörige Temperatur als den ihm correspondirenden Radius Vector betrachtet, wobei jedoch erforderlich ist, daſs die Zeiteintheilung in den 360 Graden des Kreises aufgehe. E. Schmidt[1] hat diese Methode ausführlich erläutert. Heiſst hiernach φ der Winkel, r der Radius Vector, so ist allgemein

$$r = a + b \operatorname{Cos.} \varphi + c \operatorname{Sin.} \varphi + d \operatorname{Cos.} 2\varphi + \ldots,$$

worin sich so viele unbestimmte Coefficienten befinden, als Beobachtungen gegeben sind. Hätte man z. B. 4 Beobachtungen, so würden diese den Winkeln 0°, 90°, 180°, 270° zugehören und es wäre

$$r = a + b \operatorname{Cos.} \varphi + c \operatorname{Sin.} \varphi + d \operatorname{Cos.} 2\varphi.$$

Die aus den Beobachtungen erhaltenen, den Winkeln zugehörigen Werthe für r seyen dann A, B, C, D, so hat man

$$A = a + b + d,\quad B = a + c - d,$$
$$C = a - b + d,\quad D = a - c - d,$$

woraus man erhält

$$a = \frac{A + B + C + D}{4},$$

$$b = \frac{A - C}{2},$$

$$c = \frac{B - D}{2},$$

$$d = \frac{A - B + C - D}{4}.$$

[illegible] eine gröſsere Zahl von Coefficienten, z. B. die den zwölf [Mo]naten bei periodischer jährlicher Wiederkehr oder den 24 [Stu]nden des Tags zugehörigen Beobachtungen, wird dieses [Ve]rfahren ausnehmend verwickelt, und man bedient sich daher [je]tzt allgemein derjenigen Formel, die durch Bessel, Bouvard[2], [Ha]llström, Dove und insbesondere durch Kämtz für die [vor]liegende und ähnliche Aufgaben in Anwendung ge[bra]cht worden ist[3].

---

1 Mathematische und physische Geographie Th. II. S. 279.

2 Mém. de l'Acad. des Sciences de l'Instit. T. VII. p. 300.

3 Sie ist im Art. *Meteorologie*. Bd. VI. S. 1875 für stündliche Ba[rom]eterbeobachtungen bereits erläutert worden, und da für stündliche

77) Als Grundlage aller unserer Bestimmungen über täglichen Gang der Wärme dienen bis jetzt noch die d Chiminello zu Padua angestellten und die durch Brew zu Leith veranstalteten Beobachtungen. Die ersteren Schouw[1] durch Interpolation für die einzelnen Monate Jahrszeiten und für das ganze Jahr berechnet mit KÄmtz[2] aber nach der angegebenen Formel für die ein Monate abermals berechnet und in einer Tabelle zusam gestellt, die ich hier wiedergebe. Zur Bestimmung des chen Ganges der Temperatur ist aber neuerdings noch höchst schätzbarer Beitrag durch die Beobachtungen hin kommen, welche Capitain Ross zu Boothia vom October bis zum März 1832 unter 70° 0' bis 70° 2' N. B. und 34' bis 91° 53' w. L. v. G. stündlich anstellen ließ. durch diejenigen, welche durch die russische Exped... Novaja Semlia in der karischen Pforte unter 70° 37' ... südöstlichen Seite der Insel und zu Matotschkin-Schar 73° N. B. auf der Westküste von zwei zu zwei St... täglich angestellt worden sind. Beide sind durch Bae Tabellen gebracht worden und gewähren auf diese Weise die gewünschte Uebersicht.

Thermometerbeobachtungen diese Formel unverändert in An... kommt, so genügt es, dorthin zu verweisen. Vergl. Sch... Journ. Th. XLVII. Hft. 4. Th. XLVIII. Hft. 1.

1 Pflanzengeographie. S. 57.

2 Meteorologie Th. I. S. 70.

3 Bulletin scientifique de l'Acad. des Sc. de St. Peter. T. II. N. 20.

Wir geben diese fünf Tabellen, nämlich also die für Padua und Leith nach Kämtz, für Boothia nach Ross, für die karische Pforte und Matotschkin-Schar nach Bär, auf den folgenden Seiten in einer solchen Anordnung des Druckes, daſs jede ungetheilt auf einen Blick übersehen werden kann.

Mittlerer täglicher Gang der Wärme in den

Stunde	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
Mittag	5°,01	6°,42	9°,44	14°,72	23°,27	24°,92
1	5,46	6,85	9,81	15,08	23,54	25,13
2	5,61	6,96	9,96	15,42	23,68	25,25
3	5,49	6,80	9,93	15,61	23,63	25,20
4	5,19	6,51	9,77	15,64	23,27	24,83
5	4,81	6,19	9,50	15,45	22,58	24,11
6	4,44	5,91	9,13	15,02	21,60	23,11
7	4,12	5,65	8,69	14,43	20,53	22,00
8	3,86	5,89	8,22	13,71	19,55	21,04
9	3,64	5,09	7,78	13,07	18,78	20,32
10	3,46	4,79	7,41	12,38	18,24	19,89
11	3,31	4,50	7,13	12,24	17,84	19,62
Mittern.	3,18	4,27	6,89	11,97	17,44	19,39
1	3,08	4,10	6,63	11,63	16,95	19,09
2	2,97	3,94	6,30	11,28	16,45	18,78
3	2,83	3,75	5,91	10,83	16,09	18,60
4	2,63	3,48	5,53	10,44	16,09	18,74
5	2,40	3,18	5,28	10,25	16,59	19,32
6	2,22	2,96	5,28	10,41	17,57	20,29
7	2,19	2,95	5,61	10,96	18,85	21,48
8	2,40	3,27	6,26	11,71	20,19	22,63
9	2,88	3,91	7,11	12,61	21,37	23,58
10	3,57	4,78	8,02	13,46	22,26	24,24
11	4,34	5,68	8,83	14,17	22,87	24,65

Auch die durch Brewster veranlafsten Beobachtungen
Kämtz nicht blofs durch eine mühsame Reduction auf C
tesimalgrade leichter vergleichbar gemacht, sondern auch
in ihnen vorhandenen Unregelmäfsigkeiten durch Anwend

einzelnen Monaten zu Padua nach Kämtz.

Stunde	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Mittag	30°,04	26°,70	21°,27	16°,56	10°,48	5°,85
1	30,31	27,10	21,66	17,31	10,88	5,26
2	30,46	27,30	21,77	17,49	10,79	5,26
3	30,35	27,24	21,58	17,38	10,28	5,91
4	29,83	26,81	21,11	17,01	9,52	5,35
5	28,86	25,93	20,44	16,44	8,72	4,77
6	27,54	24,70	19,67	15,80	8,03	4,30
7	26,14	23,34	18,94	15,19	7,53	3,97
8	24,95	22,14	18,34	14,81	7,20	3,74
9	24,13	21,30	17,92	14,38	6,99	3,54
10	23,67	20,85	17,63	14,21	6,83	3,33
11	23,39	20,63	17,36	14,11	6,70	3,11
Mittern.	23,07	20,41	17,01	14,00	6,57	2,91
1	22,59	20,00	16,53	13,83	6,45	2,77
2	22,03	19,36	15,95	13,58	6,33	2,69
3	21,62	18,70	15,41	13,30	6,18	2,62
4	21,65	18,33	15,09	13,06	6,02	2,53
5	22,31	18,51	15,12	12,95	5,88	2,41
6	23,57	19,36	15,57	13,05	5,87	2,32
7	25,17	20,74	16,39	13,38	6,09	2,37
8	26,79	22,37	17,45	13,92	6,63	2,66
9	28,13	23,93	18,60	14,64	7,50	3,31
10	29,07	25,12	19,69	15,43	8,58	4,16
11	29,66	26,10	20,59	16,20	9,65	5,09

r genannten Formel mehr entfernt. Die hiernach ver-
serten Bestimmungen sind in der nachfolgenden Tabelle
halten.

Mittlerer täglicher Gang der Wärme in den

Stunde	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
Mittag	5°,48	5°,70	6°,08	9°,95	11°,36	14°,83
1	5,72	5,99	6,52	10,22	11,66	15,10
2	5,84	6,08	6,76	10,40	11,95	15,33
3	5,83	5,96	6,81	10,54	12,18	15,51
4	5,69	5,70	6,66	10,56	12,29	15,58
5	5,49	5,38	6,37	10,38	12,17	15,45
6	5,27	5,05	5,92	9,94	11,80	15,07
7	5,08	4,78	5,52	9,26	11,22	14,47
8	4,98	4,56	5,09	8,43	10,54	13,73
9	4,90	4,40	4,71	7,64	9,90	13,00
10	4,86	4,28	4,40	7,03	9,37	12,39
11	4,81	4,22	4,17	6,61	8,96	11,97
Mitternacht	4,75	4,21	4,00	6,32	8,63	11,67
1	4,69	4,23	3,85	6,03	8,30	11,47
2	4,62	4,27	3,70	5,67	7,96	11,30
3	4,57	4,28	3,55	5,25	7,65	11,14
4	4,52	4,22	3,41	4,90	7,47	11,07
5	4,49	4,12	3,31	5,81	7,53	11,15
6	4,47	4,00	3,32	5,10	7,88	11,46
7	4,48	3,95	3,48	5,81	8,48	11,99
8	4,45	4,05	3,81	6,81	9,21	12,68
9	4,68	4,32	4,30	7,88	9,94	13,38
10	4,90	4,75	4,90	8,82	10,55	14,00
11	5,19	5,25	5,52	9,51	11,01	14,46

einzelnen Monaten zu Leith nach Kämtz.

Stunde	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Mittag	17°,46	16°,17	15°,33	11°,00	6°,17	4°,98
1	17,70	16,41	15,67	11,18	6,45	5,13
2	17,93	16,60	15,85	11,14	6,51	5,12
3	18,16	16,75	15,85	10,90	6,35	4,97
4	18,30	16,80	15,68	10,56	6,06	4,73
5	18,26	16,67	15,32	10,18	5,73	4,48
6	17,93	16,28	14,80	9,81	5,44	4,29
7	17,31	15,67	14,22	9,46	5,20	4,16
8	16,48	14,94	13,64	9,20	5,01	4,10
9	15,60	14,23	13,16	8,99	4,84	4,06
10	14,81	13,68	12,81	8,88	4,66	4,03
11	14,21	13,31	12,57	8,85	4,48	3,99
Mittern.	13,79	13,11	12,38	8,88	4,33	3,95
1	13,50	12,97	12,19	8,93	4,25	3,92
2	13,28	12,82	11,94	8,93	4,24	3,92
3	13,12	12,65	11,68	8,85	4,27	3,92
4	13,06	12,53	11,48	8,70	4,32	3,90
5	13,21	12,56	11,44	8,53	4,34	3,86
6	13,61	12,83	11,64	8,45	4,35	3,82
7	14,28	13,34	12,08	8,56	4,39	3,82
8	15,10	14,03	12,72	8,88	4,53	3,91
9	15,92	14,74	13,46	9,40	4,82	4,11
10	16,62	15,38	14,19	10,01	5,25	4,39
11	17,12	15,85	14,83	10,59	5,74	4,71

Mittlerer täglicher Gang der Wärme in den

Stunde	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
Mittag	−32°,62	−34°,68	−30°,29	−15°,37	−6°,27	4°,09
1	− 32,26	− 34,19	− 29,80	− 15,18	− 5,91	4,73
2	− 32,41	− 34,25	− 29,94	− 15,26	− 6,07	4,53
3	− 32,51	− 34,72	− 30,31	− 15,55	− 6,14	4,02
4	− 32,50	− 35,19	− 31,18	− 16,23	− 6,69	3,62
5	− 32,42	− 35,57	− 32,40	− 17,29	− 7,45	2,92
6	− 32,43	− 35,71	− 33,45	− 18,12	− 8,16	2,27
7	− 32,48	− 35,99	− 34,23	− 19,10	− 8,78	1,51
8	− 32,56	− 36,05	− 34,66	− 19,94	− 9,48	0,79
9	− 32,65	− 36,26	− 35,04	− 20,75	−10,48	0,33
10	− 32,59	− 36,36	− 35,35	− 21,24	−11,01	− 0,61
11	− 32,57	− 36,35	− 35,63	− 21,54	−11,38	− 0,91
Mittern.	− 32,60	− 36,38	− 35,68	− 21,76	−11,75	− 1,30
1	− 32,73	− 35,89	− 36,24	− 21,78	−12,69	− 1,67
2	− 32,77	− 35,98	− 36,26	− 21,84	−12,75	− 1,62
3	− 32,71	− 36,00	− 36,37	− 21,95	−12,48	− 1,44
4	− 32,73	− 35,98	− 36,48	− 21,82	−11,91	− 1,08
5	− 32,78	− 35,98	− 37,12	− 21,60	−11,25	− 0,52
6	− 32,69	− 35,95	− 37,04	− 21,09	−10,52	0,38
7	− 32,68	− 35,90	− 36,25	− 20,07	− 9,70	1,30
8	− 32,74	− 35,88	− 35,49	− 18,77	− 9,00	2,30
9	− 32,64	− 35,59	− 33,91	− 17,70	− 8,00	2,12
10	− 32,68	− 35,41	− 32,55	− 16,76	− 7,22	2,95
11	− 32,57	− 35,07	− 31,37	− 16,04	− 6,52	3,54

einzelnen Monaten zu Boothia nach Ross.

Juli	Aug.	Sept.	October	Nov.	Dec.
7°,02	5°,02	— 2°,64	— 11°,69	— 20°,86	— 30°,18
7,22	5,24	— 2,43	— 11,67	— 20,91	— 30,16
7,41	5,32	— 2,47	— 11,84	— 21,06	— 30,14
7,35	5,09	— 2,58	— 12,05	— 21,26	— 30,23
7,24	5,21	— 2,74	— 12,25	— 21,48	— 30,34
6,55	4,82	— 3,16	— 12,53	— 21,68	— 30,31
6,15	4,43	— 3,49	— 12,74	— 21,69	— 30,35
5,58	4,30	— 3,82	— 12,87	— 21,78	— 30,42
5,07	3,97	— 4,01	— 12,83	— 21,84	— 30,51
4,56	3,31	— 4,24	— 12,78	— 21,65	— 30,44
3,86	2,68	— 4,27	— 12,82	— 21,75	— 30,48
3,71	2,22	— 4,35	— 12,92	— 21,77	— 30,48
3,21	2,07	— 4,51	— 12,88	— 21,76	— 30,46
2,80	2,01	— 4,45	— 12,96	— 20,93	— 30,04
2,99	2,11	— 4,47	— 12,86	— 21,03	— 30,48
3,05	2,19	— 4,52	— 12,92	— 21,03	— 30,55
3,42	2,41	— 4,54	— 12,93	— 21,00	— 30,40
3,95	2,44	— 4,47	— 12,98	— 21,04	— 30,34
4,42	2,61	— 4,38	— 12,84	— 21,12	— 30,25
4,87	3,01	— 4,04	— 12,76	— 21,20	— 30,16
5,13	3,34	— 3,58	— 12,60	— 21,24	— 30,21
5,59	3,87	— 3,39	— 12,15	— 21,35	— 30,26
6,05	4,25	— 3,14	— 12,06	— 21,20	— 30,22
6,50	4,69	— 2,77	— 11,80	— 21,00	— 30,19

Mittlerer täglicher Gang der Wärme in den

Stunden	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
Mittag	— 19°,12	— 16°,77	— 20°,57	— 13°,10	— 5°,33	2°,36
2	— 18,94	— 16,79	— 20,61	— 12,48	— 5,31	2,67
4	— 18,28	— 17,65	— 21,74	— 12,88	— 6,01	1,96
6	— 18,81	— 17,70	— 23,08	— 14,60	— 7,12	1,19
8	— 19,25	— 18,06	— 24,23	— 16,52	— 8,06	0,23
10	— 19,50	— 18,67	— 24,87	— 17,95	— 9,98	0,96
Mittern.	— 19,76	— 18,01	— 25,54	— 18,92	— 10,74	—1,98
2	— 19,78	— 18,09	— 25,95	— 19,36	— 10,77	—1,58
4	— 19,75	— 18,31	— 26,14	— 18,99	— 10,34	—0,72
6	— 19,80	— 17,95	— 25,41	— 17,69	— 9,38	0,00
8	— 19,91	— 17,38	— 24,54	— 15,71	— 7,61	1,10
10	— 19,62	— 17,27	— 21,83	— 13,93	— 5,99	2,01

Mittlerer täglicher Gang der Wärme in den

Stunden	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
Mittag	— 15°,10	— 22°,02	— 14°,08	— 10°,54	— 3°,42	3°,50
2	— 15,63	— 21,85	— 14,23	— 11,33	— 4,03	3,15
4	— 15,62	— 21,96	— 14,42	— 12,28	— 5,08	2,12
6	— 15,38	— 22,16	— 14,90	— 13,02	— 6,75	1,59
8	— 15,56	— 22,20	— 15,11	— 14,03	— 8,08	1,22
10	— 15,62	— 22,25	— 15,47	— 15,21	— 9,29	0,55
Mittern.	— 15,15	— 22,44	— 15,42	— 16,31	— 10,19	—0,30
2	— 15,00	— 22,16	— 16,22	— 15,00	— 9,48	—0,02
4	— 15,18	— 21,95	— 16,67	— 14,67	— 8,64	0,15
6	— 15,36	— 22,06	— 16,28	— 13,84	— 7,16	0,74
8	— 15,29	— 21,99	— 15,67	— 12,15	— 5,44	1,71
10	— 15,89	— 21,94	— 15,16	— 11,12	— 4,17	2,85

einzelnen Monaten in der karischen Pforte nach BAER.

Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
3°,60	3°,82	— 0°,21	— 6°,13	— 15°,90	— 10°,07
3,65	3,91		— 6,09	— 15,84	— 10,51
3,57	3,90	— 0,48	— 6,32	— 15,51	— 10,80
3,06	3,71		— 6,63	— 15,41	— 10,90
2,26	2,58	— 1,25	— 6,62	— 15,48	— 11,26
1,27	2,43		— 6,58	— 15,40	— 11,78
0,59	2,17	— 1,43	— 6,49	— 15,96	— 11,63
0,90	2,35		— 6,59	— 16,11	— 11,34
1,87	2,44	— 1,82	— 6,54	— 16,05	— 11,15
2,12	2,78		— 6,76	— 16,81	— 10,61
2,74	3,12	— 1,43	— 7,15	— 16,87	— 10,30
3,57	3,47		— 6,24	— 16,60	— 10,27

einzelnen Monaten zu Matotschkin-Schar nach BAER.

Juli	Aug.	Sept.	Octob.	Nov.	Dec.
5°,89	6°,39	1°,04	— 5°,04	— 13°,07	— 19°,95
5,57	5,65		— 5,40	— 12,91	— 19,70
5,23	5,44	— 0,18	— 5,27	— 12,82	— 19,35
5,03	4,92		— 6,01	— 12,62	— 19,26
4,48	4,76	— 0,34	— 5,59	— 12,79	— 19,18
3,91	4,89		— 5,80	— 12,85	— 18,96
3,12	4,22	— 1,56	— 5,09	— 12,71	— 19,56
2,87	4,03		— 4,32	— 12,76	— 19,69
3,35	3,94	— 1,36	— 6,09	— 12,97	— 20,00
3,68	4,68		— 5,32	— 13,13	— 20,19
4,76	5,45	— 0,69	— 5,49	— 13,20	— 20,32
5,20	5,70		— 5,46	— 13,22	— 20,05

78) Aufser der Kenntnifs des bisher untersuchten Ganges der täglichen Temperatur im Allgemeinen und der Zeiten, in welche die täglichen Maxima und Minima fallen, wird zur Auffindung der mittleren täglichen Temperatur hauptsächlich erfordert, die Gröfse der Oscillation der Wärme zu kennen, allein einer genauen Bestimmung derselben stellen sich bedeutende Hindernisse entgegen, indem die Unterschiede der höchsten und tiefsten täglichen Thermometerstände in den verschiedenen Jahreszeiten und unter ungleichen Breiten sehr von einander abweichen, einzelne auffallende Anomalieen nicht gerechnet. Aus den monatlichen Mitteln der stündlichen Beobachtungen zu Pavia und Leith stellt Kämtz[1] folgende Tabelle der mittleren täglichen Oscillationen oder des Unterschiedes zwischen den täglichen Maximis und Minimis zusammen.

Monat	Padua	Leith	Monat	Padua	Leith
Januar	3°,45	1°,47	Juli	9°,39	5°,10
Februar	4,00	1,96	August	8,96	4,08
März	4,75	3,38	September	6,88	4,47
April	5,23	5,67	October	4,49	2,71
Mai	7,60	4,55	November	5,17	2,24
Juni	6,67	4,34	December	4,11	1,28

An beiden Orten ist der Unterschied im Sommer gröfser, als im Winter, und der absolute Werth desselben ist zu Padua gröfser als zu Leith, denn er beträgt im Mittel für das ganze Jahr dort 5°,89, hier 3°,44, was jedoch mehr der Nähe des Meeres, als der höheren Breite beizumessen ist.

Die so eben erst bekannt gewordenen Beobachtungen, welche Quetelet[2] zu Brüssel veranstaltete, geben nicht blofs eine ungleich stärkere tägliche Oscillation, sondern zeigen auch einen bedeutenden Unterschied derselben in den einzelnen Jahren, wie aus folgender Uebersicht hervorgeht.

1 Meteorologie. Th. I. S. 87.

2 Mémoire sur les Variations diurne et annuelle de la Température. Brux. 1837. p. 13.

Monate	1833	1834	1835	1836	Mittel
Januar	5°,33	4°,7	5°,0	5°,6	5°,1
Februar	5,55	6,0	4,9	5,5	5,5
März	6,46	7,2	7,3	6,5	6,9
April	9,07	8,6	8,1	7,3	8,3
Mai	11,03	10,4	8,8	9,5	10,2
Juni	11,62	10,2	10,4	9,4	10,4
Juli	10,27	10,1	12,6	10,3	10,8
August	10,23	8,6	10,4	9,5	9,7
September	8,26	10,0	7,9	7,2	8,3
October	8,25	7,9	6,6	6,5	7,3
November	6,17	5,7	5,4	5,4	5,7
December	5,22	4,8	5,4	4,2	4,9
Mittel	8,21	7,9	7,8	7,2	7,8

[illegible] der Curve der täglichen Oscillationen ergiebt sich, dafs [illegible] nicht blofs in den Sommermonaten gröfser sind, son[dern] es fallen auch nach genauerer Bestimmung das Minimum [a]uf den 24sten December, das Maximum auf den 7ten Juli [und] die beiden Media auf den 2ten April und den 1sten Oct., [Das] Minimum tritt also gleich nach dem Wintersolstitium, das Maximum etwas später nach dem Sommersolstitium ein, die [bei]den Medien liegen gleich weit von den Nachtgleichpuncten, [wor]aus hervorgeht, dafs die Gröfse der täglichen Variationen [dur]ch die Höhe der Sonne bedingt wird. Einige Eigenthüm[lich]keiten, welche unter hohen Breiten zum Vorschein kom[men], sollen später erwähnt werden.

[1]79) Stündliche Beobachtungen geben nicht die absoluten [Max]ima und Minima der täglichen Temperaturen und die aus [ihne]n entnommenen Gröfsen der täglichen Variationen können [dah]er nicht für absolut genau gelten. Solche Resultate sind [nu]r durch Thermometrographen zu erhalten, wovon man je[do]ch bisher noch nicht genügende Anwendung gemacht hat. [Um] so schätzbarer sind die Beobachtungen der täglichen Ex[tre]me zu Maestricht in den Jahren 1826 bis 1830, die Cra[h]ay[1] mit einem Rutherford'schen Minimum-Thermometer [un]d durch Beachtung der gröfsten Wärme am Tage ange[ste]llt hat. Eine tabellarische Zusammenstellung der Resultate [gieb]t folgende Werthe.

[1] Mémoire sur la Météorologie. p. 25.

Monate	Mittlere tägliche Maxima	Mittlere tägliche Minima	Unterschiede	Halbe Summe
Januar . . .	0°,81	−3°,55	4°,36	−1°,37
Februar . . .	4,82	− 0,73	5,55	2,05
März	9,06	2,76	6,30	5,91
April . . .	14,01	5,93	8,08	9,97
Mai	18,66	9,66	9,00	14,16
Juni	21,48	12,50	8,98	16,99
Juli	23,11	14,75	8,36	18,93
August . .	21,65	13,56	8,09	17,61
September	18,46	11,14	7,32	14,80
October . .	14,66	8,13	6,53	11,40
November	7,68	3,17	4,51	5,43
December	5,28	1,56	3,72	3,42
Jahr	13,31	6,57	6,73	9,95

Auch hier ist die tägliche Schwankung in den Sommermonaten am stärksten und wächst im Ganzen vom Wintersolstitium an gerechnet stärker, als sie vom Sommersolstitium an abnimmt, weswegen sie, gegen die gewöhnliche Regel, im Mai schon das Maximum erreicht.

80) Ungleich häufiger sind Beobachtungen, welche Morgens bei Sonnenaufgang und Nachmittags um 2 oder 3 Uhr angestellt wurden und die in den meisten Fällen als solche gelten können, die das Minimum und das Maximum der täglichen Temperatur angeben. Dahin gehören unter andern die durch Meermann zu Frankfurt a. M. von 1758 bis 1777 täglich Morgens und Nachmittags beobachteten Minima und Maxima, welche Thilo[1] aus dessen Registern tabellarisch zusammengestellt hat. Hieraus ergiebt sich, dafs die täglichen Unterschiede im Sommer gröfser sind als im Winter, im Frühjahr gröfser als im Herbst, in gleichen Abständen nahe vor und nach dem Solstitium aber einander fast genau gleich kommen; im Mittel für das ganze Jahr beträgt die tägliche Oscillation 7°,29 C., liegt also mit einem unbedeutenden Unterschiede zwischen den zu Brüssel und Maestricht gefundenen Bestimmungen ungefähr in der Mitte. Auch nach Cotte[2] sind die täglichen Oscillationen im Sommer stärker als im Winter und das Minimum der täglichen Temperatur fällt vor Sonnenauf-

1 Schweigger's Journ. Th. LVII. S. 257.
2 Journ. de Phys. T. XLIV. p. 233.

ng. Die Beobachtungen, welche Eern[1] zwölf Jahre anhal-
nd in Elberfeld unter 51° 15′ 24″ N. B. und 4° 49′ östl. Länge
n Greenwich angestellt hat, geben wegen ihrer Genauigkeit
n vorzügliches Mittel an die Hand, die täglichen Oscillatio-
n unter dieser Breite kennen zu lernen, und bestätigen den
tz, dafs sie im Sommer gröfser sind als im Winter. Sie
etrugen im Januar 10°,5, im Februar 11°,12, im März 10°,25,
n April 11°,87, im Mai 11°,87, im Juni 11°,62, im Juli 11°,62,
n August 12°,75, im September 13°,12, im October 13°,5,
n November 8°,37, im December 7°,5, also im ganzen Jahre
n Mittel 11°,17. Anderweitige tägliche Oscillationen an den-
nigen Orten, wo dieselben genauer beobachtet wurden, sind
urch Schouw[2] und Kämtz[3] zusammengestellt worden.

Monate	Apenrade[4]	London[5]	Paris[6]	Zürich[7]	Chur[8]	Avignon[9]	Palermo[10]
Januar	3°,7	4°,9	4°,0	4°,0	4°,9	4°,6	5°,2
Februar	3,8	6,1	5,4	4,7	5,9	4,5	6,1
März	5,4	7,1	6,9	6,5	8,2	5,5	7,1
April	9,1	8,8	9,4	8,2	8,9	6,5	6,2
Mai	11,2	9,7	9,4	9,5	10,1	8,2	8,0
Juni	11,7	10,4	9,8	8,7	9,6	10,6	8,1
Juli	9,2	9,8	9,6	9,0	9,3	10,6	8,2
August	8,3	9,6	9,5	8,3	8,8	9,3	7,9
September	8,4	9,4	9,8	7,3	8,2	8,1	7,5
October	6,9	7,5	7,3	6,2	7,1	6,6	7,0
November	3,4	5,9	4,8	3,5	4,8	4,5	5,9
December	3,0	4,9	3,9	3,3	4,1	3,8	5,0

1 Berghaus Knn. Th. V. S. 927.
2 Klimatologie. Hft. 1. S. 180.
3 Meteorologie. Th. II. S. 11.
4 Neuber's Beobachtungen bei Schouw.
5 Howard's Beobachtungen ebend.
6 10jähr. Beob. (1816 bis 1825) bei Kämtz.
7 Horner's Beobachtungen bei Schouw.
8 5jähr. Beobachtungen aus Wahlenberg de climate etc. bei
chouw.
9 5jähr. Beobachtungen aus Guerin déscription de la fontaine
le Vaucluse, Avign. 1818, ebend.
10 5jähr. Beobachtungen von Marabitti in Scina Topografia di
Palermo, Palermo 1818, ebend.

Aus dieser Tabelle ersieht man, dafs die verschiedenen Bedingungen sich wechselseitig compensiren. Zu Palermo sind die Unterschiede im Ganzen gröfser, als man bei der Nähe der See erwarten sollte, und es mag die Ursache hiervon in den Luftströmungen liegen, die von den benachbarten beeisten Bergen herabkommen; zu Apenrade sind sie im Winter am kleinsten, im Sommer am gröfsten, was mit bereits erwähnten Erfahrungen übereinkommt. Der Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre hat auf die tägliche Oscillation einen merklichen Einflufs, indem die Unterschiede bei heiterem Himmel im Ganzen am gröfsten sind, es sey denn, dafs entstehende Gewitter oder eintretende Regenschauer eine bedeutende Temperaturverminderung erzeugen. Bei feuchter Atmosphäre kann die Temperatur nicht tiefer herabsinken, als bis zum Thaupuncte, weil dann die latente Wärme des Dampfes frei wird, wie Addison[1] und August[2] durch Messungen bestätigt haben. V. Humboldt[3] berichtet, dafs in Oberguiana unter 2° N. B. wegen der beständigen Regen in Folge der unermefslichen Urwälder der Unterschied der Temperatur bei Tage und bei Nacht nur 0°,9 C., zwischen 4° und 8° N. B. nur 2° C. betrage. Auf gleiche Weise fand Luccock[4] bei seinen einige Zeit zu Villa Ricca in Brasilien angestellten Beobachtungen, dafs wegen der regnerischen Witterung, die sich meistens erst gegen Mittag aufklärt, die Temperatur vom Morgen bis zum Mittag nur um 2°,78 C. verschieden war, und Martin[5] erwähnt, dafs zu Chartum unweit Sennaar das Thermometer drei Tage anhaltend 32°,5 C. bis 35° zeigte, obgleich nach Bruce die Temperatur während der zweiten Regenperiode meistens anhaltend nur 26° bis 27°,5 beträgt. Hiernach sind also auch dort bei hohen und niederen Temperaturen die täglichen Oscillationen nur gering. Der Einflufs der Breite ist gleichfalls nicht zu verkennen, denn nach Schouw[6] beträgt die gröfste tägliche Veränderung im mittleren Europa 7°,22 C., nach v. Humboldt[7]

---

1 Edinburgh Philos. Journ. N. XXI. p. 161.
2 Poggendorff Ann. V. 340.
3 Reisen. D. Ueb. Th. IV. S. 299.
4 Bemerkungen über Rio-Janeiro. Weim. 1822. Th. II. S. [illegible]
5 Edinb. New Phil. Journ. N. XIII. p. 98.
6 Edinburgh Phil. Journ. N. IX. p. 186.
7 Journ. de Physique cet. T. LXVI. p. 425.

beträgt sie aber unter 2° 10′ N. B. in America nur 3°,4 C., wobei jedoch einzelne ausserordentliche Fälle nicht berücksichtigt worden sind. Von 46° bis 49° N. B. beträgt der Unterschied der mittleren Temperatur des ganzen Tages und der höchsten am Mittage nach v. HUMBOLDT nur 3° C., für Paris nach ARAGO[1] fast 4°, für Clermont nach RAMOND nur 3°,7. Durch Zunahme der Höhe und Verminderung der Breite wird der tägliche Unterschied bedeutend geringer, denn nach HAMILTON[2] ist unter 27° 41′ N. B. die mittlere Temperatur des Mittags nur 1°,6 gröfser als die des Tages und auf der Hochebene von Quito ändert sich die Wärme oft mehrere Tage hindurch gar nicht. Der Einflufs der Höhe zeigt sich deutlich durch die Vergleichung der Thermometerstände zu Genf[3] und auf dem Bernhard[4]. Es waren nämlich die täglichen Unterschiede in Centesimalgraden:

Monat	Genf	St. Bernhard	Monat	Genf	St. Bernhard
Januar	4°,0	4°,9	Juli	9°,5	5°,6
Februar	6,0	5,8	August	9,6	5,8
März	7,8	6,9	Septemb.	8,7	4,9
April	9,4	7,7	October	6,5	4,1
Mai	9,7	8,2	Novemb.	5,2	4,2
Juni	9,6	6,9	Decemb.	4,1	3,7

...mittelst der oben §. 76 angegebenen Interpolationsformel ... KÄMTZ den Tag des gröfsten und kleinsten Unterschiedes:

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XIV. p. 14.

2 Account of the Kingdom of Nepaul cet. 1819. p. 70.

3 Aus 10jähr. Beobachtungen bei SCHOUW und 8jähr. bei KÄMTZ ...der Bibl. univ., die letzten 8jähr. mit Thermometrographen.

4 Aus 8jähr. Beobachtungen in Bibl. univ. bei KÄMTZ. Der Unterschied zwischen den Maximis an beiden Stationen und den Minimis ...falls an beiden Stationen war am stärksten in den Monaten Juli, ... und September, betrug aber im Ganzen nur 7°,2 für die Maxima und 9°,0 für die Minima. Bibl. univ. T. X. sqq.

	Gröſster Unterschied	Kleinster Unterschied
London	2 Juli	1 Januar
Paris	29 Juli	29 December
Genf	1 Juni	23 December
St. Bernhard	28 April	1 December
Avignon	12 Juli	1 Januar
Palermo	27 Juli	25 December.

Hiernach fällt im Mittel das Maximum mit Ausschluſs von Genf und dem St. Bernhard auf den 17ten Juli, das Minimum mit Ausschluſs des St. Bernhard auf den 28sten December, was von QUETELET's aus Brüsseler Beobachtungen erhaltenen Bestimmungen (§. 78) wenig abweicht.

81) KÄMTZ bemerkt, daſs nicht bloſs die ungleiche Länge der Tage diesen Unterschied erzeuge, wie SCHOUW und WAHLENBERG anzunehmen geneigt sind, sondern daſs dieses durch den höheren Stand der Sonne geschehe, wobei für höhere Breiten noch insbesondere zu berücksichtigen ist, daſs die mit Schnee bedeckten oder gefrorenen Flächen durch die Sonnenstrahlen nicht so stark erwärmt werden können, weswegen der Unterschied der Extreme bedeutend vermindert werden muſs. Zugleich betrachtet er den Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre als hauptsächlich bedingend, was durchaus nicht zweifelhaft ist; inzwischen darf die Richtung der Winde, die Nähe des Meeres und die Nachbarschaft hoher Gebirgsketten gleichfalls nicht übersehn werden. KÄMTZ stellt die mittleren täglichen Oscillationen, wie sie aus den unter niederen Breiten angestellten Beobachtungen hervorgehn, in folgender Tabelle übersichtlich zusammen.

Monat	Calcutta [1]	Seringapatam [2]	Colombo [3]	Trinconomalee [4]	Kouka [5]	Cobbé [6]
Januar	5°,8	17°,5	3°,3	1°,4	8°,8	10°,5
Februar	4,2	17,2	2,2	2,2	. . .	9,8
März	5,3	22,8	2,8	2,7	11,2	7,3
April	4,3	18,8	1,7	3,1	11,4	9,5
Mai	4,0	18,8	1,0	4,0	10,7	9,4
Juni	1,9	13,2	0,8	4,5	8,6	7,1
Juli	2,0	9,9	0,8	4,5	7,8	7,3
August	2,0	10,5	1,2	4,1	4,4	7,8
Septemb.	2,5	13,7	1,1	3,3	4,6	7,3
October	3,3	14,7	1,8	3,5	7,0	6,6
Novemb.	4,1	13,9	2,5	3,5	7,2	6,1
Decemb.	5,1	14,2	. . .	2,6	6,9	9,1

[...]e diese Orte liegen jenseit des nördlichen Wendekreises, [...]h ungefährer Bestimmung Calcutta unter 22°5 N. B., Serin[...]tam unter 12°,5, Colombo unter 7° und Trinconomalee [...] 9° N. B., Kouka unter 12°,5 und Cobbé ungefähr unter [...] Breite. Hierbei ist zuerst die Gröfse der täglichen [...] auffallend, die sich zu Seringapatam zeigt, unge[...] dieser Ort 2263 Par. F. Höhe hat, so dafs zwar die [...] Entfernung von den Küsten zum Theil als Ursache [...] kann, zugleich aber noch andere Bedingungen einen [...]mmenden Einflufs haben müssen. Die beiden africanischen [...] liegen mitten in einem sehr grofsen Continente, und de[...]sind die täglichen Oscillationen auch dort nicht gering, [...] aber doch bedeutend hinter den eben genannten zu[...] Auffallend ist aber, dafs an allen diesen Orten, mit [...]ahme von Trinconomalee, die Oscillationen im Sommer [...]ger sind als im Winter, ganz im Gegensatze der Resul-

---

1) Zweijähr. Beobachtungen von Traill bei Sonnenaufgang und [...] oder 3,5 Uhr. In As. Res. T. II. p. 421.

2) Zweijähr. Beobacht. von Scarman bei Sonnenaufgang u. 3 Uhr [...]. In Edinb. Journ. of Science N. X. p. 249.

3) An d. Westküste Ceylons, bei Sonnenaufgang u. 3 Uhr Nach[...] Edinb. Journ. of Sc. N. IX. p. 142.

4) An d. Ostküste Ceylons. eb.

5) In Bornu durch Oudney und Denham. Denham Narrative. p.

6) In Dar-Fur von Browne, s. dessen Travels p. 475.

das nämliche Gesetz zu herrschen, wie sich wahrscheinlich herausstellen würde, wenn vom März andere als kurze und unvollkommene Beobachtungen vorhanden wären.

84) Um die Ursachen der zu verschiedenen Zeiten und nach der Lage der Orte ungleich grofsen täglichen Oscillationen aufzufinden, ist gewifs nicht ohne Interesse, neben den mittleren täglichen Oscillationen auch diejenigen zu kennen, welche ausnahmsweise von vorzüglicher Gröfse an den einzelnen verschiedenen Orten vorkommen, allein es sind hierüber nur wenige Thatsachen bekannt, weil man versäumt, solche einzelne, hauptsächlich im östlichen Europa und im nördlichen Asien vorkommende, unglaublich grofse tägliche Wechsel aufzuzeichnen. Dafs diese auch auf dem Meere selten sind, unterliegt keinem Zweifel. John Davy[1] bemerkt, dafs die gröfste von ihm zwischen 13° und 36° S. B. vom 21. Febr. bis 17. März beobachtete Differenz nicht mehr als 5° C. betragen habe, und auf der Insel Lutschu[2] unter 26° 30' N. B. 128° W. L. v. Gr. war Ende September die Wärme Tag und Nacht gleichmäfsig 27°,78 C. Zu Chartum, nicht weit von Sennaar, stieg nach Martin das Thermometer aufser der Regenzeit meistens auf 41° bis 42°,5 und nach Bruce stieg es sogar einmal bis 46°,25 C., sinkt aber dennoch bei Sonnenaufgang stets auf 26° bis 27° C. herab, so dafs also die tägliche Oscillation dann gegen 15° C. beträgt[3]. Nicht geringer ist dieselbe zuweilen unter hohen Breiten, denn zu Boothia Felix[4] wechselte die Temperatur einst von — 37°,21 C. an einem Tage bis — 6°,67 am andern, welches einen Unterschied von 30°,54 C. giebt. Die genauen stündlichen Aufzeichnungen des Capitain Ross setzen uns übrigens in den Stand, nicht blofs die bereits angegebenen mittleren täglichen Oscillationen in jenen unwirthbaren Gegenden zu kennen, sondern auch die an einzelnen Tagen wahrgenommenen Maxima und Minima der täglichen Oscillationen, d. h. den absoluten Unterschied zwischen der höchsten und tiefsten an den

1 Edinburgh Journ. of Science. N. I. p. 63.

2 Basil. Hall Entdeckungsreise nach d. Westküste von Korea Weim. 1819. S. 114.

3 Edinb. New Phil. Journ. N. XIII. p. 93.

4 Ross Narrative of a second Voyage cet. p. 274.

inlichen Tage beobachteten Temperatur. Es finden sich inlich

Maxima		Minima	
11. u. 18. Jan.	= 12°,78 C.	8ten Jan.	= 0°,00 C.
Febr. . .	= 14,44 —	1sten, 10ten Febr.	= 1,11 —
März . .	= 15,00 —	15., 22., 31sten März	= 2,78 —
26. u. 29. April	= 14,44 —	9., 13., 25sten April	= 1,67 —
Mai	= 15,56 —	2ten, 31sten Mai	= 3,89 —
u. 26sten Juni	= 16,11 —	25sten Juni . .	= 2,22 —
Juli . . .	= 15,00 —	5ten Juli . . .	= 1,11 —
August . .	= 11,11 —	15., 16., 24sten Aug.	= 1,11 —
September	= 13,89 —	2ten, 17ten Sept.	= 1,11 —
October .	= 13,89 —	3., 17., 18., 27. Oct.	= 1,11 —
November	= 17,78 —	6ten Nov. . . .	= 1,11 —
December	= 15,00 —	28sten Dec. . .	= 0,56 —

ist der 8te Jan. am merkwürdigsten, indem an diesem das Thermometer 24 Stunden anhaltend unverändert 0°,8 C. zeigte; auch ist auffallend, dafs die Minima der ichen Oscillationen weit häufiger wiederkehren als die Ma-, was einen unverkennbaren Beweis liefert von der Geweit der Wärme in jenen hochnördlichen Gegenden, sich end 24 Stunden nur wenig zu ändern.

Dafs die Oscillationen nach den Jahreszeiten verschieden , ist eine bekannte Sache, merwürdig ist aber, wenn die ibe anders Vertrauen verdient, dafs nach Dauxion Lavaysse[1] der Unterschied der täglichen Wärme auf Trinidad 11° N. B. in der Regel nur 3°,4 C., im Frühjahr aber C. betragen soll. v. Humboldt[2] giebt an, dafs an den ersten Tagen zu Cumana das Thermometer 30° bis 32°,8 eht, während es bei Nacht auf 22°,5 bis 25°,6 herabsinkt, us eine Oscillation von 7°,5 bis 7°,2 hervorgeht. Zu

---

1 Reisen nach den Inseln Trinidad, Tabago und Margaretha. 1816. S. 60 u. 73.

2 Risso Hist. Natur. des principales productions de l'Europe méridionale. Par. 1826. T. I. p. 280.

Nizza beträgt die mittlere Temperatur nach Risso[1] 15°,6, das Mittel aus den Maximis aber 19°,3, was eine tägliche mittlere Schwankung von 7°,4 andeutet, für Marseille aber betragen nach Gambart[2] jene beiden Gröfsen 14°,4 und 16°,4, somit also die tägliche Oscillation 4° C. Solche Orte, welche nach dem Untergange der Sonne durch regelmäfsig wiederkehrende Luftströmungen abgekühlt werden, die aus hierzu geeignet gelegenen Thälern, durch Flüsse geleitet, oder von der See her in die erhitzten Luftschichten eindringen, müssen stärkere Oscillationen zeigen, als andere, wo diese Bedingungen mangeln. Die ungleiche Länge der Tage, wie sie stattfindet unter mittleren Breiten seyn mag, dürfte zur allgemeinen genügenden Erklärung des Phänomens gleichfalls nicht ausreichen; denn wo sie im ganzen Jahre fast gleich sind, vermögen die längeren Nächte keine sehr auffallende Abkühlung herbeizuführen, wo sie aber ungleich sind, vermag die kurz dauernde Nacht die Wirkungen des längern Tages nicht ganz aufzuheben. Ueberhaupt scheint die Gröfse der täglichen Oscillationen durch mehrere zusammentreffende Ursachen bedingt zu werden, ohne dafs sich ein allgemeines Gesetz darüber aufstellen läfst. Inzwischen ist Baer bei der Betrachtung der in hochnördlichen Gegenden statt findenden zu einigen allgemeineren Resultaten gelangt, welche eine nähere Berücksichtigung verdienen. Zuerst findet er, dafs die täglichen Oscillationen in den nördlichen Gegenden dann am geringsten sind, wenn die Sonne gar nicht über den Horizont kommt oder nicht unter denselben hinabsinkt, doch so, dafs für den ersten Fall die Erscheinung sich etwas verspätet. Eigentlicher scheint mir aber aus den mitgetheilten Angaben hervorzugehn, dafs die täglichen Oscillationen ohne Rücksicht auf sonstige Einflüsse am geringsten werden, wenn die Sonne unter den Horizont beim Beginnen der langen Nacht hinabgesunken ist und gleichzeitig durch ihren südlicheren Stand die nördlichen Luftströmungen am wenigsten gehindert werden, dafs sie aber wieder wachsen, wenn die Sonne rückkehrend den Aequator erreicht und über denselben hinausrückt, weil dann der Conflict der südlichen und nördlichen Luftströmungen sein Maximum er-

1 Ebendaselbst.

2 Connaiss. de Temps pour 1827. p. 271.

nicht. Am beweisendsten sind hierfür die Beobachtungen von Scoresby unweit Spitzbergen, wo auf der See alle Nebenbedingungen am meisten ausgeschlossen bleiben; April und Mai dürften daher als diejenigen Monate zu betrachten seyn, in welche unter jenen hohen Breiten der Regel nach die Maxima der täglichen Oscillationen fallen sollten, obgleich sie auch bis zum Juni weiter rücken können. Im Ganzen ist es zu schwierig, aus den vorhandenen Resultaten zu einer bestimmten Entscheidung zu gelangen, allein dennoch dürfte als ausgemacht zu betrachten seyn, daſs mit Ausschluſs örtlicher Einflüsse die täglichen Oscillationen unter der Linie gering sind, mit zunehmenden Breiten wachsen, sodann in der Nähe der Polarkreises wieder abnehmen und unter dem Pole ihr absolutes Minimum erreichen, indem dort, namentlich während der langen Nacht, wie Baer meint, eine überall nur geringe Veränderung der Temperatur wahrnehmbar wird.

88) Daſs man zur Bestimmung der mittleren täglichen Temperatur die ganze Summe der Wärme, also das Product der gemessenen Thermometergrade in die Zeitdauer vertheilt auf die Tagesstunden, kennen müsse, ist bereits erwähnt worden, wobei zugleich bemerkt wurde, daſs diese Gröſse mit absoluter Genauigkeit zu erhalten auſser dem Bereiche der Möglichkeit liegt. Man übersieht daher bald, daſs die früher aufgestellten mittleren Temperaturen, die auf Beobachtungen zu verschiedenen beliebigen Stunden des Tages beruhn, der erforderlichen Schärfe ermangeln, und auf gleiche Weise sind die Aufzeichnungen des Morgens, Mittags und Abends, wie sie die älteren Register enthalten, gleichfalls ungenügend, vielmehr bedarf es auf jeden Fall einer genauen Bestimmung der Stunden, an denen die Aufzeichnung geschehn muſs. Eine vollständige Untersuchung der Mittel, wodurch eine scharfe Bestimmung der täglichen mittleren Temperatur zu erhalten ist, verdanken wir in den neuesten Zeiten hauptsächlich den Bemühungen von Kämtz[1]. Der Erste aber, welcher die Aufgabe im ganzen Umfange gründlich untersuchte, war Tralles[2]. Dabei lagen die oben bereits angegebenen Bestimmun-

1 Schweigger's Journ. Th. XLVII. 420, vollständiger Meteorologie Th. I. S. 90.

2 Berliner Denkschriften 1818. S. 411.

gen über den täglichen Gang der Temperatur zum Grunde, und es kam also darauf an, diejenige Curve zu finden, welche diesen, sofern er im Ganzen ein regelmäſsiges Gesetz befolgt, ausdrückt, um hieraus dann mit Benutzung einiger am Tage angestellter Beobachtungen die mittlere Temperatur zu erhalten. Trailes fand, daſs die Curve der täglichen Wärme aus vier parabolischen Bogen bestehe. Es sey demnach der Anfang derselben bei b, und nach Verfluſs einer Zeit, welche durch die Abscisse OL ausgedrückt wird, kehre sie wieder auf denselben Punct zurück, nachdem sie den höchsten, durch die Ordinate c bezeichneten Punct erreicht hat. Diese beiden, dem Abscissen-Intervall $= L$ zugehörigen parabolischen Bogen haben die Ordinate c als gemeinschaftliche Axe. Der dritte parabolische Bogen treffe mit entgegengesetzter Krümmung den Punct der niedrigsten Temperatur $= a - n$ und der vierte erhebe sich wieder bis zur anfänglichen Höhe. Diese beiden letzteren haben die Ordinate der kleinsten Wärme zur gemeinschaftlichen Axe und ein Abscissen-Intervall $= 1 - L$. Der Inhalt der beiden ersten Parabeln $= L[b + \frac{2}{3}(c - b)]$ bezeichnet die tägliche Wärme, wenn L einen Bruch bedeutet, dessen Nenner $= 24$ durch die Zahl der Stunden eines Tages gegeben ist, der Inhalt der beiden letzteren ist (Fig. 38.)

$$= (1 - L)\left(b - \frac{2}{3}(b - a + n)\right)$$

und die Summe beider ist

$$a + \frac{2}{3}L(c - a) - \frac{1}{3}(2n(1 - L) + a - b),$$

Wählt man a so, daſs das zweite Glied $= 0$ wird, so drückt

$$a + \frac{2}{3}L(c - a)$$

die Wärme eines Tages genügend aus, weswegen aber die niedrigste Temperatur bei Nacht nicht zu versäumen ist. Trailes nimmt bei seiner Darstellung auch darauf Rücksicht, daſs die Temperatur nur selten am folgenden Tage zu b' wieder zurückkehrt, sondern daſs meistens die Ordinate $= b' \pm \beta$ wird, wie in der Zeichnung ausgedrückt ist; man darf jedoch dieses vernachlässigen, da β im Ganzen ebenso oft positiv als negativ seyn wird. Für die Anwendung dieser Formel muſs bemerkt werden, daſs a eine tiefe Temperatur bei Nacht ist, $\frac{2}{3}L = \frac{1}{36}$ der Tagslänge und c die höchste Temperatur. Letztere, welche ungefähr auf 2 Uhr Nachmittags fällt, ist am sichersten zu beobachten, auch muſs $\frac{2}{3}L$ für jeden Ort

besonders berechnet werden. Am schwierigsten ist, die Zeit zu bestimmen, in welcher die Temperatur bei Nacht beobachtet werden soll, denn obgleich die nämliche Temperatur nach Sonnenaufgang wieder eintritt, so ändert sich doch dann die Wärme so schnell, dass sich hierüber nicht mit Sicherheit etwas festsetzen lässt. TRALLES nahm die Beobachtung um 1 Uhr Nachts. Die gleichen Temperaturen h und h' kommen bei der Formel nicht in Betrachtung, indess wäre es immer der Mühe werth, zur Bestimmung derselben Beobachtungen anzustellen, da die früher angenommenen bei Sonnen-Auf- und Untergang ungenügend und nur selten einander gleich sind[1]. Er selbst fand vermittelst dieser Formel die mittlere Temperatur für Berlin = 6°,73 R. oder 8°,41 C., die mittlere Vormittags um 9 Uhr = 6°,37 R. oder 7°,94 C., welche Grössen nur um 0°,49 C. verschieden sind.

86) BREWSTER[2] benutzte die bereits erwähnten, zwei Jahre umfassenden stündlichen Beobachtungen zu Leith, um die Curve der täglichen Temperatur aufzufinden, zu welchem Zwecke die stündlichen, monatlichen und jährlichen Mittel für beide Jahre durch den jüngeren FOGGO und G. BELL berechnet wurden. Aus der graphischen Darstellung der durch ganzjährige Beobachtungen für 1824 erhaltenen mittleren täglichen Wärme geht hervor, dass das Thermometer zwischen 4 und 5 Uhr Morgens den niedrigsten Stand hat, dann regelmässig steigt, bis es um 3 Uhr Nachmittags sein Maximum erreicht, von welchem Zeitpuncte an es allmälig wieder bis zum Minimum sinkt. Die Periode des Steigens dauert 9 Stunden 40 Minuten, die des Sinkens 14 Stunden 20 Minuten, die mittlere Wärme des ganzen Tages fällt auf 9 Uhr 13 Min. Morgens und auf 8 Uhr 26 Min. Abends. Wird auf gleiche Weise die Curve für 1825 gezeichnet, so läuft sie mit dieser fast parallel und eine mittlere Curve aus beiden verwandelt den etwas einer geraden Linie sich nähernden Theil, welcher einigen Nachmittagsstunden zugehört, in einen regelmässig gekrümmten. Vereinigt man die 6 Sommermonate vom April an gerechnet, so geht die Curve des Sommers regelmässig herab

Fig. 39.

1 Seitdem TRALLES diesen Wunsch äusserte, ist in dieser Beziehung viel geschehn, wie theils aus den bisherigen, noch mehr aber aus den folgenden Untersuchungen erhellt.

2 Edinburgh Journ. of Science. N. IX. p. 18.

von 1 Uhr Nachts bis 4 Uhr Morgens und steigt dann ebenso regelmäſsig bis 3 Uhr Nachmittags, die Wintercurve dagegen hebt sich etwas zwischen 1 und 2 Uhr Nachts, sinkt dann bis 6 Uhr Morgens und steigt wieder bis 2 Uhr Nachmittags. Die Monate April und October geben genau die mittlere Temperatur des Jahres, unterscheiden sich aber dadurch, daſs im April die Morgentemperatur ungleich tiefer, die Mittagstemperatur aber höher ist, als im October, was aus der allmäligen Erwärmung der Erde durch die Sonnenstrahlen leicht begreiflich wird. Die mittlere Temperatur für 1825 fiel auf 9 Uhr 13 Min. Morgens und 8 Uhr 28 Minuten Abends, so daſs im Mittel aus beiden Jahren die mittlere tägliche Temperatur für Leith auf 9 Uhr 13 Min. Morgens und 8 Uhr 27 Min. Abends fallen würde. Diese beiden Stunden sind also für die Beobachtungen zur Auffindung der ganzjährlichen mittleren Temperatur die geeignetsten. Inzwischen gilt dieses nur vom ganzen Jahre; denn wenn es sich um die einzelnen Monate handelt, so sind nach den vereinten Beobachtungen von 1824 und 1825 folgende Stunden diejenigen, die das tägliche Mittel geben:

	Morgens.	Abends.		Morgens.	Abends.
Jan.	10 U. 34 Min.	6 U. 57 Min.	Juli	8 U. 55 Min.	8 U. 40 Min.
Febr.	10 — 2 —	6 — 56 —	Aug.	9 — 0 —	8 — 19 —
März	10 — 10 —	8 — 8 —	Sept.	8 — 52 —	8 — 18 —
April	9 — 1 —	8 — 26 —	Oct.	9 — 25 —	6 — 48 —
Mai	9 — 14 —	8 — 40 —	Nov.	9 — 30 —	7 — 41 —
Juni	9 — 7 —	8 — 24 —	Dec.	9 — 56 —	6 — 15 —

Um zu versuchen, wie weit sich die Curve der mittleren täglichen Temperatur aus den Jahren 1824 und 1825 der Parabel nähere, trug Brewster auf die Ordinatenlinie der Stunden die Temperaturen als Abscissen und erhielt durch Vereinigung der Endpuncte der letzteren die Bogen AB, BC, CD, DE, wobei (Fig. 40.)

zu AB die Ordin. AH = 513, die Abscisse BH = 172 = 2°,872 F.
— BC — — CH = 253 — — BH = 172 = 2,872
— CD — — CG = 347 — — DG = 196 = 3,266
— DE — — EG = 327 — — DG = 196 = 3,26

gehören. Drückt man beide Gröſsen durch das nämliche Maſs aus, so giebt die Summe der Ordinaten = 513 + 253 + 347

+ 327 = 1440 Theile = 24 Stunden, die Abscissen aber geben 172 und 196 Theile. Wird die Curve als Parabel betrachtet, so hat man

$$BH : Bm = AH^2 : mn^2, \text{ also}$$

$$Bm = \frac{BH \times mn^2}{AH^2}.$$

Ist aber AE die Linie der mittleren Temperatur, pn die Größe des Herabsinkens der Temperatur unter das Mittel im Puncte p und $pn = Hm = HB - Bm$. Heißt dann m das Minimum der Temperatur und die Ordinate $mn = y$, so erhalten wir die gesuchte Temperatur t in der Zeit p

$$t = m + \frac{HB \times y^2}{AH^2}$$

für den parabolischen Bogen BC ist

$$t = m + \frac{HB \times y^2}{CH^2}$$

für den parabolischen Bogen CD, wenn M das Maximum der Temperatur bezeichnet,

$$t = M - \frac{GD \times y^2}{CG^2},$$

für den parabolischen Bogen DE

$$t = M - \frac{GD \times y^2}{EG^2}.$$

Die nach diesen Ausdrücken berechneten Temperaturen weichen von den beobachteten um nicht mehr als 0°,29 R. ab, die größten Unterschiede fallen zwischen 4 und 8 Uhr Nachmittags, sind aber für 1825 schon geringer als für 1824 und würden daher durch Vereinigung mehrjähriger Beobachtungen ohne Zweifel ganz verschwinden.

87) Hällström[1] und Kämtz[2] haben die nämliche Aufgabe behandelt und die Resultate den Beobachtungen zu Leith und Padua angepaßt. Auch hieraus geht hervor, daß die Curve der täglichen Wärme aus vier parabolischen Bogen besteht. Nach der kurzen und klaren Darstellung des Letzteren, welcher ich hier folge, sey die Länge des Tages AC = 1 Fig. 41.

1 Aus Kongl. Vetensk. Acad. Handl. År. 1824. p. 217. in Poggendorff Ann. IV. 373.

2 Meteorologie. Th. I. S. 92. Vergl. Schweigger's Journ. Th. XLVII. S. 390. Th. XLVIII. S. 1.

und $AD = CF$; ferner seyen T und V die zwei Puncte, in denen die entgegengesetzten Parabeln sich vereinigen. Es kommt dann darauf an, das Rechteck ASXC so zu bestimmen, dafs sein Inhalt dem der vier Parabeln gleich sey. Der Inhalt einer Parabel ist bekanntlich gleich $\frac{2}{3}$mal dem Producte aus der Abscisse in die Ordinate und hiernach erhält man für die Fläche der vier Parabeln, also die mittlere Temperatur:

$$AC.AS + \tfrac{2}{3}EU.TU + \tfrac{2}{3}EU.UV - \tfrac{2}{3}SD.ST - \tfrac{2}{3}VX.XF$$
$$= AC(AD + DS) + \tfrac{2}{3}EU(TU + UV) - \tfrac{2}{3}DS(ST + VX).$$

Ist hierin $AC = 1$, so wird die mittlere Temperatur

$$= AD + DS + \tfrac{2}{3}EU.TU - \tfrac{2}{3}DS(1 - TV)$$
$$= AD + DS + \tfrac{2}{3}EU.TV - \tfrac{2}{3}DS + \tfrac{2}{3}DS.TV$$
$$= AD + \tfrac{1}{3}DS + \tfrac{2}{3}TV(EU + DS)$$
$$= AD + \tfrac{1}{3}DS + \tfrac{2}{3}TV(EB - AD).$$

Nennt man die niedrigste Temperatur $AD = m$, die höchste $BE = M$, die mittlere t, so ist

$$t = m + \tfrac{1}{3}DS + \tfrac{2}{3}TV(M - m).$$

Es wird vorausgesetzt, dafs die höchste und niedrigste Temperatur, also M und m durch Beobachtung gegeben sind, und es ist dann nur erforderlich, die Gröfsen DS und TV zu bestimmen.

Hinsichtlich der Gröfse TV glaubte Hällström nach den täglich mehrmals zu Paris, Halle und Åbo angestellten Thermometerbeobachtungen, sie sey das ganze Jahr hindurch constant und an allen Orten gleich und betrage $\frac{14}{24}$, Kämtz dagegen suchte durch möglichst genaue geometrische Construction die Puncte M und N, wo die Parabeln der geraden Linie am nächsten kommen und also mit ihren Armen zusammenstofsen, durch diese Puncte legte er die Linie MN, deren Durchschnittspunct U dazu diente, die Linie SX mit AC parallel zu ziehn und somit TV zu erhalten. Es ergab sich dann ferner, dafs diese Gröfse von den Jahreszeiten abhängt, in den Monaten November, December, Januar und Februar zu Leith, in den drei ersten dieser Monate zu Padua am kleinsten, in den übrigen Monaten aber gröfser und fast gleich ist. Will man die Gröfse TV für die einzelnen Monate berechnen, so kann man das Jahr als einen Kreis betrachten, wobei jeder einzelne Monat einem Winkel von 30° zu-

gehört, und sich hiezu der oben §. 76. angegebenen Formel bedienen.

Die Gröfse DS betrachtet Hällström als eine Function von $M-m$, indem er $DS = u\,(M-m)$ setzt, und obgleich der Quotient $\frac{M-m}{DS}$ im Sommer etwas kleiner ist, als im Winter, so nimmt er ihn doch ohne bedeutenden Fehler als stets gleich an. Wird dann auch TV als stets gleich und $=\frac{1}{12}$ angenommen, so findet er

$$\text{für Paris } DS = \frac{M-m}{3{,}06},$$

$$\text{für Halle } DS = \frac{M-m}{2{,}45},$$

$$\text{für Åbo } DS = \frac{M-m}{2{,}31}.$$

Kirwz behält den angegebenen Werth von $TV = \frac{1}{12}$ bei und erhält dann

$$\text{für Padua } DS = \frac{M-m}{3{,}24},$$

$$\text{für Leith } DS = \frac{M-m}{3{,}37}.$$

Nimmt man aber den von diesem näher bestimmten Werth von TV, wie er in den einzelnen Monaten verschieden gefunden wurde, an und sucht dann die Gröfse DS, so wird der Quotient $\frac{M-m}{DS}$ fast in jedem Monate gleich. Setzt man demnach die Gröfse $DS = \frac{M-m}{2{,}36}$ als mittleren Werth und bezeichnet man die Länge des Tages nicht durch 1, sondern durch die Zahl der Stunden $= 24$, so wird aus dem oben gefundenen Ausdrucke

$$t = m + \tfrac{1}{3} DS + \tfrac{2}{3} TV\,(M-m)$$

$$t = m + \frac{M-m}{7{,}08} + \tfrac{2}{3}\frac{TV}{24}(M-m),$$

$$t = m + \left(0{,}141 + \frac{TV}{36}\right)(M-m).$$

Da die mittlere tägliche Temperatur aus einigen binnen den 24 Stunden täglich angestellten Beobachtungen vermittelst der Quadratur derjenigen Parabel, welche den Gang der täg-

lichen Wärme ausdrückt, gefunden werden kann, so müssen alle Methoden dieser Quadratur hierbei anwendbar seyn. Man wird sich jedoch dieser Mittel nur selten bedienen, da es bequemere giebt, die zu demselben Ziele führen, und ich erwähne daher nur im Allgemeinen, daſs Kämtz[1] die von Kramp[2] und eine andere von Gauss[3] vorgeschlagene, von Posselt und Poggendorff[4] auf das vorliegende Problem angewandte Methode geprüft, und insbesondere die letztere als sehr zweckmäſsig gefunden hat.

88) Da zur Auffindung der mittleren Wärme eines gegebenen Ortes mehrjährige, täglich wiederkehrende Thermometerbeobachtungen erforderlich sind, so wächst hierdurch die Summe derselben auſserordentlich, und man begreift bald, daſs es vortheilhaft seyn muſs, die Zahl der täglichen Beobachtungen zu vermindern, um nicht eigens hierzu bestimmte Observatoren und Rechner zu bedürfen. Es ist daher eine wichtige Aufgabe der Meteorologie, mit Beseitigung der unbequemen nächtlichen Beobachtungen diejenigen möglichst wenigen Stunden des Tages aufzufinden, deren Temperaturen die mittlere tägliche unmittelbar geben. Am natürlichsten war wohl der Gedanke, daſs die halbe Summe des Maximums und Minimums am sichersten zu diesem Ziele führen müsse, und nach v. Humboldt[5] wurde diese Methode bereits durch den Pater de Beze in den Jahren 1686 und 1699 empfohlen, kam jedoch erst mehr in Aufnahme, als v. Humboldt selbst dazu aufforderte[6]. Man bedarf hierzu jedoch der Thermometrographen, die nicht in den Händen vieler Physiker sind und es früher noch weniger waren, und zudem weicht nach einer durch Schouw[7] angestellten Prüfung das hierdurch erhaltene Resultat in einigen Monaten nicht unbedeutend von demjenigen ab, was aus 24stündigen Beobachtungen erhalten wird, wie dieses auch unverkennbar aus der so eben angegebenen

---

1 Meteorologie Th. I. S. 108.

2 Annales de Mathématiques T. VI. p. 261. 372. T. IX. p. 55.

3 Comment. Soc. Reg. Gott. recent. T. III. p. 39.

4 Dessen Annalen Th. IV. S. 410. Vergl. Klügel's mathem. Wörterb. Th. IV. S. 153.

5 Poggendorff Ann. VIII. 175.

6 Mém. de la Soc. d'Arcueil. T. II. p. 497.

7 Pflanzengeographie S. 59. Vergl. Kämtz a. a. O. S. 98.

thode zur Auffindung der mittleren Temperatur hervorgeht. ntz[1] hat aus 9jährigen, zu Paris angestellten Beobachtungen erdem gefunden, dafs das für 8 Uhr Nachmittags erhaltene nimum um 0°,54 kleiner ist, als das mit einem Thermographen gefundene.

89) Schon früher, die Bemühungen Chiminello's nicht achtet, kamen einige Gelehrte auf den Gedanken, eine ng stündlich das Thermometer zu beobachten und zu achen, welche vereinte Tagesstunden das tägliche Mittel n, indefs darf man wohl sagen, dafs Brewster[2] der Erste , welcher seit etwa 1823 diesen Gegenstand zur näheren ersuchung brachte. Es sollten damals an verschiedenen Schottlands Beobachtungen zur Auffindung der mittleren e angestellt werden und man wählte hierzu die Stun- um 10 Uhr Vormittags und Nachmittags, weil Gordon e bereits als die geeignetsten vorgeschlagen hatte, weswe- sie auch von der königl. Societät zu Edinburg als solche hlen wurden. Allerdings scheint es am sichersten, die , wo die entgegengesetzten Parabeln sich berühren, also zwei Zeitmomente zu wählen, die ohnehin die mittlere Temperatur geben. Man könnte sagen, es sey nur Beobachtung zu einer Zeit zu wählen, wo ohnehin die ere tägliche Temperatur statt findet, allein es ist zu ierig, bei der stark wechselnden Krümmung der täglichen mecurve diesen Moment genau zu bestimmen, statt dafs Wahrscheinlichkeit diese Unregelmäfsigkeiten durch zwei nem bestimmten Abstande von einander befindliche Puncte ausgeglichen werden. Brewster begnügte sich jedoch mit der angenommenen Regel, sondern beschlofs die näher zu prüfen, und veranstaltete daher die mehrer- nten zweijährigen stündlichen Beobachtungen zu Leith. diesen geht das Resultat hervor, dafs zwei gleichnamige den vor und nach der oberen Culmination der Sonne sehr das Mittel der täglichen Wärme geben, womit auch v. boldt[3] übereinstimmt, während andere Gelehrte auch gen gleichnamigen Stunden den Vorzug gegeben haben. Es

1 Schweigger's Journ. Th. XLVII. S. 424.
2 Results of the thermom. Observations made at Leith Forth. 1826. Edinb. Journ. of Science. N. IX. p. 18.
3 Risso a. a. O. Th. I. S. 276.

liegen indefs bereits Thatsachen in Menge zur Entscheidung der Frage vor, welche Stunden hierzu am geeignetsten sind, wodurch dann zugleich ein Mittel gegeben wird, aus vorhandenen Beobachtungen zu beliebigen Stunden die mittlere Temperatur der Orte in sehr genäherten Werthen zu finden.

Playfair[1] glaubte, die mittlere Temperatur falle auf 8 Uhr Morgens, das Maximum gegen 3 Uhr Nachmittags, und er wählte daher diese beiden Stunden nebst 10 Uhr Abends für die täglichen Beobachtungen; nach Brewster dagegen fallen sie mit einer unmerklichen Abweichung in beiden Jahren der stündlichen Beobachtungen zu Leith auf 9 Uhr 13 Min. Morgens und 8 Uhr 27 Min. Nachmittags. Inzwischen sind diese Stunden nicht für alle Monate dieselben, vielmehr wechseln sie auf folgende Weise:

	Vormitt.	Nachmitt.		Vormitt.	Nachmitt.
Jan.	10^h 31′	6^h 57′	Juli	8^h 55′	8^h 40′
Febr.	10 2	6 56	Aug.	9 0	8 19
März	10 10	8 8	Sept.	8 52	8 18
April	9 1	8 26	Oct.	9 25	6 48
Mai	9 14	8 40	Nov.	9 39	7 41
Juni	9 7	8 24	Dec.	9 56	6 15

wobei die Abweichungen vom regelmäfsigen Fortgange im Juli und September sehr auffallend sind. Brewster giebt für mehrere Orte an, um wie viel die durch die daselbst gebräuchlichen Beobachtungsstunden gefundenen täglichen Mittel der Temperatur von der wahren mittleren abweichen, wobei jedoch vorausgesetzt wird, dafs an allen diesen Orten das nämliche Gesetz gelte, welches aus den Beobachtungen zu Leith entnommen worden ist. Es geht hieraus übrigens hervor, dafs die aus Beobachtungen zu verschiedenen Stunden des Tags gefundenen mittleren Temperaturen sich mitunter nicht wenig vom wahren Mittel entfernen, eine Zusammenstellung der Gröfsen, welche durch Beobachtungen in zwei gleichnamigen Stunden erhalten würden, zeigt dagegen, dafs auf diese Weise das richtige Mittel auf jeden Fall sehr annähernd gefunden wird. Um aber die aus den gegebenen Beobachtungen zu verschiedenen Stunden des Tags gefundenen täglichen Mittel auf die richtigen zu reduciren, scheint es mir am angemessensten, für Pa-

1 Edinb. Journ. of Science. N. IX. p. 26.

... und Leith diejenigen Coefficienten zu suchen, womit die ... einzelne Stunden gegebenen Beobachtungen multiplicirt ... müssen, um das richtige Mittel zu erhalten, weil sich ... Correction dann auch auf die zu verschiedenen Stunden ... stellten Beobachtungen anwenden läfst, wobei jedoch vor... setzt wird, dafs unter verschiedenen Polhöhen der näm... Gang der täglichen Wärme herrscht oder dafs die Cur... der täglichen Wärme einander parallel sind, was zwar ... in gröfster Strenge richtig ist, da sich selbst zwischen ... Beobachtungen zu Leith und Padua in dieser Hinsicht ... kleiner Unterschied zeigt, aber doch im Ganzen als sehr ... richtig gelten kann, auf jeden Fall dann, wenn von der ... jährigen mittleren Temperatur die Rede ist. Heifst daher ... mittlere tägliche Wärme t, die zu einer gewissen Stunde ... beobachtete t′, so hat man

$$t : t' = 1 : 1 \pm p,$$

... p die Gröfse bezeichnet, um welche die gefundene grö... ... oder kleiner ist, als die mittlere. Hiernach hat man

$$t = t' \frac{1}{1 \pm p}.$$

... Factoren $\frac{1}{1 \pm p}$ für Padua und Leith sind in der folgenden ... enthalten, worin die Stunden vom Mittage an gezählt ...

Werthe von $\frac{1}{1 \pm p}$ für

Stunde	Padua	Leith	Stunde	Padua	Leith
1	0,83032	0,84724	13	1,15160	1,15160
2	0,81893	0,83549	14	1,17922	1,16796
3	0,82089	0,83319	15	1,20721	1,18947
4	0,84510	0,84565	16	1,23100	1,22660
5	0,88083	0,86260	17	1,23876	1,21505
6	0,92533	0,88978	18	1,19775	1;19261
7	0,96900	0,92719	19	1,13450	1,13999
8	1,00516	0,98801	20	1,05853	1,08263
9	1,04805	1,02844	21	0,97590	1,01345
10	1,07592	1,06480	22	0,92098	0,95662
11	1,10171	1,09976	23	0,88199	0,90673
12	1,12796	1,13000	24	0,85034	0,86653

Beide Reihen weichen wenig von einander ab, und ich ... dafs man sich der für Padua gefundenen Coefficienten

füglich zur Reduction der Beobachtungen, die an allen Orten Deutschlands, Frankreichs und Italiens angestellt worden sind, mit grofser Sicherheit bedienen könne, und auch für Orte aus anderen Gegenden dürften dieselben anwendbar seyn, wenn nicht der Gang der Wärme daselbst ausnahmsweise von der allgemeinen Regel abweicht. Für Inseln und Küstenländer mögen die für Leith gefundenen den Vorzug verdienen.

90) Die vorstehenden Untersuchungen führen dann leicht zur Beantwortung der Frage, welche Stunden zur Auffindung der täglichen mittleren Temperatur am geeignetsten sind. Nach der vorstehenden Tabelle fallen diese für Padua etwas vor 8 Uhr Abends und nach 8 Uhr Morgens, für Leith etwas nach 8 Uhr Abends und etwas nach 9 Uhr Morgens. Die Zeit läfst sich genauer bestimmen, allein es ist ungleich leichter und bequemer, gerade Stunden zu wählen, als die Zeit der Beobachtungen nach Stunden und Minuten zu bestimmen; auch fügt sich Ersteres besser in die sonstigen bestimmten Geschäfte der Beobachter. Daher schlug Wargentin[1] nach den Beobachtungen zu Stockholm die Stunde 11 Uhr Abends, Cotte[2] für Paris 9 Uhr Morgens vor, welche nach Tralles[3] auch für Berlin die geeignete ist. Nach v. Humboldt[4] kommt die Wärme bei Sonnenuntergang der mittleren täglichen sehr nahe, Schouw[5], Hällström[6] und Kämtz[7] haben jedoch durch genaue Untersuchungen gefunden, dafs die Stunden der mittleren Temperatur in den verschiedenen Monaten ungleich sind, und insbesondere hat Letzterer aus den gegebenen Messungen folgende interessante Zusammenstellung derselben mitgetheilt.

1 Poggendorff Ann. IV. 398.
2 Traité de Météorologie p. 371.
3 Berliner Abhandl. für 1818. S. 412.
4 Mém. de la Soc. d'Arcueil. T. II. p. 491.
5 Klimatologie Th. I. S. 181.
6 Poggendorff Ann. IV. 396.
7 Meteorologie Th. I. S. 106.

Monat	Morgen Padua	Leith	Abend Padua	Leith	Zeit über dem Mittel Padua	Leith
Januar	22h,2	22h,3	8h,7	7h,8	10h,5	9h,5
Februar	22,1	21,9	9,7	7,2	11,6	9,3
März	21,6	21,9	9,2	8,6	11,6	10,7
April	21,5	21,0	9,1	8,8	11,6	11,8
Mai	19,6	21,0	7,6	9,0	12,0	12,0
Juni	19,4	20,8	7,1	8,6	11,7	11,8
Juli	19,5	20,7	7,1	8,9	11,6	12,2
August	20,2	20,8	7,4	8,5	11,2	11,7
September	20,8	21,1	7,9	8,2	11,1	11,1
October	21,4	21,2	7,5	6,8	12,1	9,6
November	21,2	21,6	6,6	7,7	9,4	10,1
December	21,6	21,5	7,5	6,2	9,9	8,7

ergeben sich ziemlich bedeutende Unterschiede an beiden ...s, vorzüglich aber zeigt sich, dafs keine zwei gleichna...e Stunden, beide einzeln oder vereint, die tägliche mitt... Temperatur geben können. Das Comité für Edinburg ...hied nach dem Vorschlage von Gordon für 10 Uhr Mor...s und 10 Uhr Abends, und um diese Regel zu prüfen, ...staltete Brewster[1] schon früher fünf Reihen stündlicher ...bachtungen. Hierdurch erhielt er

	Mittel aus stündl. Beob.	Mittel aus 10 und 10 Uhr.
von 23. März bis 29. März . .	3°,90 C. . .	3°,14 C.
— 1. April — 1. April . .	5,42	5,27
— 23. Juli — 27. Juli . . .	17,97	17,47
— 28. Oct. — 1. Nov. . .	8,70	9,19
— 6. Jan. — 6. Febr. . .	—9,63	—8,80
Mittel . .	5°,27 . . .	5°,25

...em unbedeutenden Unterschiede von 0°,02 C. Hiernach ... die aus zwei Beobachtungen um 10 Uhr Morgens und ...ds entnommene Temperatur der wirklichen mittleren weit ..., als die aus dem Maximum und Minimum. Aus der Fort...ng dieser Beobachtungen, wie sie in den Jahren 1824 1825 angestellt wurden, folgert Brewster[2], dafs aus der ...indung von zwei gleichnamigen Stunden die mittlere

[1] Edinburgh Philos. Journ. N. XII. p. 352.

[2] Edinb. Journ. of Science. New Ser. N. II. p. 251.

Temperatur sehr genau gefunden wird, obgleich die verein
Beobachtungen um 9 Uhr 13 Min. Morgens und 8 Uhr
Min. Abends das richtigste Resultat geben. Es darf hier
jedoch nicht unberücksichtigt bleiben, dafs diese Folger
blofs für Leith und höchst wahrscheinlich auch für die säm
lichen Orte an der Ostküste Grofsbritanniens gilt. Dürfen
ferner die für Padua und Leith erhaltenen Resultate als s
betrachten, aus denen der Gang der täglichen Wärme s
auch für andere Orte bestimmen läfst, so ist es leicht, au
finden, welche Paare gleichnamiger Stunden sich zur Au
dung der täglichen mittleren Wärme am besten eignen.

Die folgende Tabelle zeigt nämlich, um wie viel die
zwei gleichnamigen Stunden erhaltene Temperatur von
genauen mittleren, die zu Padua aus 24stündigen Beobac
gen 13°,75 und zu Leith 9°,04 beträgt, abweicht, und
den Coefficienten $\frac{1}{1 \pm p}$, womit sie corrigirt werden
um sie auf die 24stündige mittlere zu reduciren.

Stunden	Padua Temper.	Untersch.	$\frac{1}{1 \pm p}$	Leith Temper.	Untersch.	$\frac{1}{1 \pm p}$
1 und 1	14°,25	0°,50	0,9648	9°,26	0°,22	0,9762
2 — 2	14,22	0,47	0,9669	9,28	0,24	0,9741
3 — 3	14,07	0,32	0,9772	9,23	0,19	0,9749
4 — 4	13,72	—0,03	1,0022	9,08	0,04	0,9956
5 — 5	13,36	—0,39	1,0292	8,96	—0,08	1,0089
6 — 6	13,17	—0,05	1,0440	8,87	—0,17	1,0192
7 — 7	13,16	—0,59	1,0448	8,84	—0,20	1,0226
8 — 8	13,34	—0,31	1,0307	8,79	—0,25	1,0284
9 — 9	13,61	—0,14	1,0103	8,86	—0,18	1,0227
10 — 10	13,86	0,11	0,9921	8,97	—0,07	1,0078
11 — 11	14,03	0,28	0,9800	9,09	0,05	0,9945
12 — 12	14,18	0,43	0,9697	9,22	0,18	0,9805

Hiernach giebt es der täglichen Wärmecurve gemäfs
Paare gleichnamiger Stunden, die dem wahren täglichen
tel am nächsten kommen, in Padua um 4 und 10 U
Leith um 4 und um 11 Uhr; die gröfste Abweichung b
aber zu Padua nur 0°,5 und zu Leith nur 0°,25 C.
wir diesemnach z. B. für Maestricht das Mittel aus d
9 Uhr Morgens und um 9 Uhr Abends erhaltenen Tem

ren nehmen und dieses mit dem Mittel des für Padua nd Leith für diese Stunden gefundenen Coefficienten multi-ficiren, also $\frac{10^\circ,45 + 9^\circ,79}{2} \times \frac{1,0103 + 1,0267}{2}$, so giebt die-s für die mittlere jährliche Wärme daselbst 10°,307, also um 0°,337 C. gröfser, als die durch Crahay[1] aus den genau mit-tels eines Thermometrographen gemessenen Maximis und Mi-nimis entnommene = 9°,97 C., aber wahrscheinlich noch ge-nauer, wenn wir diese mittlere Temperatur mit der zu Brüs-sel gefundenen = 10°,8 vergleichen. Wollte man zur Be-rechnung blofs den für Padua gefundenen Coefficienten = 1,0103 anwenden, so betrüge die mittlere Temperatur zu Maestricht = 10°,224, also nur 0°,254 C. mehr, als die aus den Maxi-mis und Minimis erhaltene[2].

91) Nach Brewster's Wunsche wurden auch zu Wien am 17ten Juli 1826 stündliche Beobachtungen angestellt, deren Resultate Baumgartner[3] mittheilt. In Wien selbst unter 48° 12′ N. B. und 541 Fufs über der Meeresfläche war nach v. Jacquin's Beobachtungen im botanischen Garten das Mittel aus allen gemessenen Thermometergraden = 15°,4, aus denen um 9 und 9 Uhr = 15°,3, aus denen um 10 und 10 Uhr = 15°,5. Keine dieser Stunden giebt also das Mittel völlig genau, am nächsten kommt Morgens 9 Uhr mit 15°,2, und Abends 8 Uhr mit 15°,5, so dafs beide vereint die mittlere Temperatur ganz genau geben wür-den, allein die Zeit eines einzigen Tages ist zu kurz, als dafs man auf das erhaltene Resultat eine Regel gründen könnte. Gleichzei-tig wurde auch zu Görz unter 45° 57′ N. B. in einer Mee-reshöhe von 264 F. durch Phil. Jordan beobachtet. Das Mittel aller Beobachtungen war 18°,76, aus denen um 9 und 9 Uhr 18°,55, die dem Mittel am nächsten kommenden einzel-nen Stunden waren Morgens 8 Uhr mit 19°,3 und Abends 7 Uhr mit 19°,4. Auf dem Schneeberge unter 47° 45′ 45″ N. B. in einer Höhe von 6390 Fufs erhielt der Beobachter,

---

1 Mémoire sur la Météorologie. p. 8.

2 Da die Beobachtungen zu Maestricht zu den vorzüglich ge-nauen gehören, so ist es nützlich, durch diese Betrachtung zu zeigen, wie sehr annähernd die mittleren Temperaturen aus zwei in gleich-mäfsigen Stunden täglich angestellten Beobachtungen gefunden wer-den.

3 Wiener Zeitschrift Th. II. S. 59.

Hauptmann HAWLICZECK, im Mittel 6°,32; aus 9 Uhr Morgens und 9 Uhr Abends 6°,1; aus 10 Uhr Morgens und 10 Uhr Abends 6°,55; dem Mittel am nächsten kam nur die Temperatur um 9 Uhr Abends mit 6°,5. Auf dem Leopoldsberge unter 48° 17′ 26″ N. B. von 1296 Fuſs Meereshöhe erhielt v. SCHMOLLA aus 24 Beobachtungen 15°,40; aus 9 Uhr Morgens und Abends 14°,95; aus 10 und 10 Uhr 15°,5; am nächsten kam 9 Uhr Morgens mit 15°,2, alle Grade nach der 80theil. Scale. So wenig so kurze Zeit dauernde Beobachtungen auch eine Regel begründen können, so gewährt uns doch auffallend die Uebereinstimmung mit dem für Padua gefundenen Gesetze, wonach das Mittel aus den Beobachtungen um 9 und 9 Uhr etwas zu klein, das um 10 und 10 Uhr etwas zu groſs ist. Durch BREWSTER scheinen auch die Beobachtungen veranlaſst worden zu seyn, welche SCHÜBLER[1] am 17. und 18. Febr. 1827 stündlich, aber leider mit einigen, durch Interpolation ersetzten Unterbrechungen, anstellte. Hieraus ergiebt sich gleichfalls, daſs das Mittel aus dem Maximum und Minimum geringer ist, als das Mittel aus stündlichen Beobachtungen, dagegen giebt eine Vereinigung der um 6^h Morgens, 2^h und 10^h Nachmittags angestellten Beobachtungen die gesuchte Gröſse sehr genau und die aus CHIMINELLO's Beobachtungen entnommenen Correctionen sind für den gewünschten Zweck völlig genügend.

92) HERSCHEL's bekannte Aufforderung zu gemeinschaftlichen stündlichen Beobachtungen haben auch QUETELET[2] veranlaſst, solche zu Brüssel anzustellen, wodurch er v. HUMBOLDT's Satz, daſs zwei gleichnamige Stunden die mittlere Temperatur nahe genau geben, im Ganzen bestätigt findet. Wir können indeſs die hierdurch gewonnenen Thatsachen noch vollständiger benutzen, wenn wir aus den 5 bis jetzt bekannt gewordenen Reihen, wovon 2 dem 22sten Juni, die 3 übrigen dem 21sten März, 21sten Sept. und 21sten Dec. zugehören, das Mittel nehmen. Hieraus erhalten wir, die Stunden vom Mittage an gezählt:

---

1 Schweigger's Journ. Th. XLIX. S. 121.

2 Bulletins de l'Acad. des Sciences et Belles Lettres de Bruxelles. 1835. T. II. p. 234. 327. 1836. p. 5. 104. 238.

Stunde	Juni	September	December	März	Mittel	$\frac{1}{f \pm p}$
1	17°,85	22°,10	—5°,30	16°,50	12°,79	0,7384
2	17,82	23,00	— 5,25	16,65	13,05	0,7237
3	17,80	23,25	— 5,10	16,95	13,25	0,7128
4	17,48	22,45	— 5,50	16,95	12,84	0,7356
5	17,62	21,40	— 6,15	15,95	12,20	0,7742
6	17,30	20,05	— 7,50	15,35	11,30	0,8358
7	15,73	19,10	— 8,10	14,50	10,31	0,9161
8	14,53	18,70	— 8,60	11,80	9,11	1,0368
9	14,16	18,40	— 9,00	10,00	8,39	1,1257
10	13,76	18,20	— 9,60	9,80	8,04	1,1748
11	13,23	18,00	—10,00	10,10	7,83	1,2063
12	14,05	17,70	—10,40	10,70	8,01	1,1792
1	13,90	17,40	—10,20	9,60	7,67	1,2314
2	14,05	17,10	—10,00	8,80	7,49	1,2610
3	14,25	17,00	— 9,90	8,20	7,39	1,2781
4	14,45	16,60	— 9,90	8,10	7,31	1,2921
5	14,00	16,50	— 9,70	8,00	7,20	1,3118
6	14,57	13,05	— 9,20	8,40	6,70	1,4097
7	15,50	15,15	— 9,10	8,70	7,56	1,2493
8	16,05	16,25	— 9,45	9,00	7,96	1,1866
9	16,45	17,80	— 8,50	9,80	8,89	1,0624
10	17,72	19,50	— 8,20	9,80	9,70	0,9737
11	17,40	20,40	— 7,20	11,60	10,55	0,8953
12	17,62	21,10	— 6,10	12,00	11,15	0,8471
Mittel	15,72	18,76	— 8,23	11,55	9,45	

Ein einzelner Tag kann unmöglich eine Regel für den iglichen Gang der Wärme abgeben, denn es kommen oft prünge vor, welche die Biegung der Curve ganz verrücken. o war es auch bei den hier mitgetheilten Beobachtungen der all, dafs an zwei Beobachtungstagen die Temperatur zu sehr ich änderte, um die zu gleichen Stunden an zwei einander ılgenden Tagen gemessenen Thermometergrade in ein Mittel u vereinigen, ohne den regelmäfsigen täglichen Gang der Värme gänzlich zu verrücken, und aus dieser Ursache rührt uch die in der Tabelle im Juni auf 12 Uhr Nachts fallende lötzliche Verrückung. Dennoch stellt sich die Regelmäfsigeit der täglichen Wärmecurve heraus, jedoch sind die tägichen Extreme gröfser, als sie aus einer Vereinigung ganzjähriger Beobachungen muthmafslich hervorgehn würden, auch ist die mittlere jährliche Temperatur von 9°,45 C. geringer, als die aus lange anhaltenden zahlreichen Beobachtungen ent-

nommene von 10°,67 mit einem Unterschiede von 1°,22. Wollen wir aber annehmen, daſs die mittlere tägliche Curve für das ganze Jahr mit der angegebenen parallel laufe, so geben die in der 7ten Columne enthaltenen Zahlen diejenigen Factoren, womit man die zu den angegebenen Stunden angestellten Beobachtungen multipliciren müſste, um aus ihnen die mittlere zu erhalten, und die nachfolgende Tabelle zeigt, daſs ebenso wie zu Padua und Leith auch zu Brüssel das aus zwei gleichnamigen Stunden erhaltene Mittel von der täglichen mittleren Wärme nicht merklich abweicht.

Stunden	Untersch.	$\frac{1}{1 \pm p}$	Stunden	Untersch.	$\frac{1}{1 \pm p}$	Stunden	Untersch.	$\frac{1}{1 \pm p}$
1	0°,79	0,9233	5	0°,26	0,9737	9	—0°,80	1,0932
2	0,88	0,9135	6	—0,44	1,0494	10	— 0,57	1,0648
3	0,88	0,9135	7	—0,51	1,0577	11	— 0,25	1,0261
4	0,64	0,9370	8	—0,90	1,1063	12	0,14	0,9659

Hiernach sind die beiden gleichnamigen Stunden 5 und 5, 12 und 12 diejenigen, welche die mittlere tägliche Temperatur am genauesten geben. Quetelet[1] findet jedoch aus den ihm zu Gebote stehenden zahlreichen Beobachtungen zu Brüssel, daſs die mittlere tägliche Temperatur dort etwas nach 8 Uhr Morgens und etwas vor 7 Uhr Abends fällt, woraus wohl ohne Widerrede folgt, daſs die von mir mitgetheilten Resultate aus den angegebenen Gründen auf einen hierfür genügenden Grad von Genauigkeit keine Ansprüche haben; dennoch aber zeigen sie den täglichen Gang der Wärme nicht bloſs deutlich, sondern die gröſste Abweichung des Mittels aus zwei gleichnamigen Stunden vom genauen Mittel aus 24 Stunden beträgt nicht mehr als 0°,9 C., so daſs also auf jeden Fall selbst auf diese Weise mindestens annähernde Resultate zu erhalten sind.

Auf die durch Brewster gegebene Veranlassung wurden ferner an vielen Orten von Nordamerica am 17ten Juli 1826 stündliche Beobachtungen angestellt. Aus denen zu Tweedsmuir School unter 55° 30′ N. B. ergiebt sich[2] die mittlere Wärme = 13°,58 C. Dieser am nächsten kommt als ein-

1 Bulletin de la Soc. de Bruxelles. 1835. T. II. p. 355.
2 Edinburgh Journ. of Science. N. XI. p. 148.

eine Stunde um 8 Uhr Morgens mit 13°,33 und 8 Uhr Abends
mit 12°,78; die beiden gleichnamigen Stunden um 10 Uhr
mit 13°,47 kommen aber noch näher. Hiernach sind wohl die
gleichnamigen Stunden um 10 Uhr allgemein als die geeigneten
für tägliche Thermometermessungen zu empfehlen, wie
auch Kämtz[1] gefunden hat, noch genauere Resultate aber erhält
man durch die Verbindung von 4 Durchschnittspuncten
der parabolischen Curve, wozu Kämtz, übereinstimmend mit
den oben gefundenen Gröfsen, die gleichnamigen Stunden
4 Uhr und 10 Uhr empfiehlt, deren mittlere Wärme von der
aus 24 Stunden erhaltenen, nach einer hierfür berechneten Tabelle,
in einem Monate um 0°,2 C. abweicht, für das ganze
Jahr aber vollkommene Uebereinstimmung darbietet. Obgleich
die gleichnamigen Stunden um 3 Uhr und 9 Uhr ein nicht
minder genaues Resultat geben, so sind die ersteren doch deswegen
vorzuziehn, weil in diese die regelmäfsigen barometrischen
Oscillationen fallen, jedoch dürfte es zu viel verlangt
seyn, an allen jenen 4 Stunden zu beobachten, von denen
eine der äufsersten auf jeden Fall der nächtlichen Ruhe zugehört,
und zwei der genannten oder überhaupt zwei gleichnamige
Stunden genügen um so mehr, als man mit grofser Sicherheit
die erhaltenen Resultate auf die angegebene Weise
durch Multiplication mit dem Factor $\frac{1}{1 \pm p}$ corrigiren kann.
Viele Beobachter zeichnen ihre Messungen dreimal täglich auf
und Dewey[2] zu Williamstown will aus 30 Tage fortgesetzten
stündlichen Beobachtungen gefunden haben, dafs 7 Uhr Morgens,
2 Uhr und 9 Uhr Abends die tägliche mittlere Temperatur
am genauesten geben; es ist jedoch überflüssig, hierüber
weitere Untersuchungen anzustellen, da Alles, was zur Beurtheilung
der Genauigkeit dient, welche durch zwei, drei oder
mehrmalige tägliche Aufzeichnungen erhalten wird, bereits mitgetheilt
worden ist. Schliefslich möge daher hier nur noch bemerkt
werden, dafs nach Playfair[3] die mittlere tägliche
Temperatur aus der um 8 Uhr Morgens verbunden mit dem
Mittel aus dem Maximum und Minimum sehr genau gefunden

1 Meteorologie Th. I. S. 105.
2 Edinburgh Phil. Journ. N. XII. p. 352.
3 Edinburgh Philos. Trans. T. V. p. 193.

Monatliche Maxima und Minima.

Lima

Monat	1805 Max.	1805 Min.	1805 Untersch.	1810 Max.	1810 Min.	1810 Untersch.
Januar	25°,00	23°,75	1°,25	24°,44	23°,20	1°,20
Februar	26,33	24,44	1,89	25,00	23,75	1,25
März	25,77	23,75	2,02	25,00	23,75	1,25
April	23,74	22,22	1,52	23,75	21,84	1,91
Mai	23,91	19,44	4,47	21,81	19,44	2,37
Juni	18,74	18,33	0,41	18,89	17,78	1,11
Juli	18,33	17,22	1,11	18,20	16,11	2,09
August	17,49	17,09	0,40	17,64	16,11	1,53
September	18,33	17,49	0,84	18,20	17,78	0,42
October	18,75	17,49	1,26	18,75	17,49	1,24
November	20,83	18,75	2,08	20,83	18,60	2,23
December	23,20	20,83	2,37	21,92	21,11	0,81

Batavia

Monat	1758 Max.	1758 Min.	1758 Untersch.	1759 Max.	1759 Min.	1759 Untersch.
Januar	29°,44	23°,89	5°,55	27°,78	23°,33	4°,45
Februar	29,44	24,44	5,00	27,22	21,67	5,55
März	29,44	24,44	5,00	28,33	24,44	3,89
April	28,89	24,44	4,45	28,89	24,44	4,45
Mai	28,89	24,44	4,45	29,44	23,89	5,55
Juni	28,33	23,89	4,44	28,89	22,22	6,67
Juli	29,44	23,33	6,11	— —	— —	— —
August	30,56	23,89	6,67	— —	— —	— —
September	29,44	24,44	5,00	— —	— —	— —
October	28,33	24,44	3,89	— —	— —	— —
November	28,33	23,33	5,00	— —	— —	— —
December	28,89	23,33	5,56	— —	— —	— —

Monat	Hawaii 1822 und 1821			Padua		
	Max.	Min.	Untersch.	Max.	Min.	Untersch.
Januar	26°,67	15°,00	11°,67	5°,0	—12°,4	17°,4
Februar	25,00	16,11	8,89	7,6	— 2,0	9,6
März	25,56	18,89	8,87	10,4	— 1,0	11,4
April	27,22	16,67	10,55	16,5	1,0	15,5
Mai	27,22	22,22	5,00	20,0	9,6	10,4
Juni	28,89	21,67	7,22	22,7	8,8	13,9
Juli	28,89	23,33	5,56	24,5	11,8	12,7
August	31,11	23,33	7,78	24,0	10,8	13,2
September	30,56	23,33	7,23	21,0	7,4	13,6
October	30,00	22,78	7,22	16,6	6,8	9,8
November	27,78	21,67	6,11	12,0	— 3,9	15,9
December	26,67	16,67	10,00	5,2	— 4,6	9,8

Monat	Heidelberg			Apenrade		
	Max.	Min.	Untersch.	Max.	Min.	Untersch.
Januar	8°,52	—12°,09	20°,61	7°,50	—5°,75	13°,25
Februar	11,45	— 8,04	19,49	10,00	—10,87	20,87
März	16,84	— 2,25	19,09	11,62	— 5,62	17,24
April	23,12	2,00	21,12	20,25	— 4,37	24,62
Mai	26,84	6,82	20,02	22,50	— 2,12	24,62
Juni	29,62	10,45	19,17	26,25	2,75	23,50
Juli	31,47	12,55	18,92	24,62	5,75	18,87
August	29,60	12,12	17,48	25,00	6,45	18,55
September	25,87	7,97	16,90	27,50	0,62	26,88
October	20,66	2,05	18,61	18,70	— 1,25	19,95
November	14,08	— 3,85	17,93	10,37	— 3,97	14,34
December	11,55	— 6,75	18,30	9,00	— 6,25	15,25

Monat	Leith 1824 Max.	Min.	Untersch.	Leith 1825 Max.	Min.	Untersch.
Januar	10°,88	0°,22	10°,66	8°,69	—0°,94	9°,63
Februar	9,79	1,62	8,17	8,32	— 1,82	10,14
März	10,02	0,40	9,62	11,38	2,24	9,14
April	14,30	0,[illegible]	13,66	12,43	4,74	7,69
Mai	15,41	5,83	9,58	12,58	7,07	5,51
Juni	16,10	10,03	6,07	18,75	9,68	9,07
Juli	19,02	12,98	6,04	20,97	12,92	8,05
August	16,31	11,58	4,73	18,73	13,56	5,17
September	19,87	4,27	15,60	17,49	9,68	7,81
October	13,33	3,02	10,31	15,76	4,03	11,73
November	11,19	1,22	9,97	7,98	0,20	7,78
December	10,15	—2,16	12,31	8,35	— 1,90	10,25

Monat	Fort Reliance 1834 Max.	Min.	Untersch.	Felix Harbour 1832 und 1829 Max.	Min.	Untersch.
Januar	—26°,49	—51°,00	24°,51	—22°,22	—43°,88	21°,66
Februar	— 19,76	— 41,99	22,23	— 24,45	— 42,48	18,03
März	— 16,40	— 41,37	24,97	— 20,26	— 44,71	24,45
April	— 11,40	— 34,94	23,54	— —	— —	— —
Mai	— 2,68	— 20,00	17,32	— —	— —	— —
Juni	— —	— —	— —	— —	— —	— —
Juli	— —	— —	— —	— —	— —	— —
August	— —	— —	— —	— —	— —	— —
September	— —	— —	— —	— —	— —	— —
October	— 16,72	— 29,00	12,28	— 4,44	— 26,66	22,22
November	— 17,95	— 37,37	19,42	— 3,33	— 38,32	34,99
December	— 20,71	— 44,57	23,86	— 22,22	— 38,32	16,10

Felix Harbour

Monat	1830 Max.	Min.	Untersch.	1831 Max.	Min.	Untersch.
ıuar	—20°,55	—41°,77	21°,22	—16°,92	—50°,81	33°,89
bruar	— 16,97	— 43,88	26,91	— 13,03	— 44,99	31,96
irz	— 6,67	— 41,10	34,43	— 22,47	— 46,11	23,64
ril	— 0,56	— 29,44	28,88	— 1,11	— 31,66	30,55
ii	2,78	— 18,33	21,11	2,22	— 26,66	28,88
ni	16,67	— 3,33	20,00	11,11	— 10,00	21,11
li	21,11	0,00	21,11	10,00	0,00	10,00
igust	14,44	0,56	13,88	12,23	— 4,44	16,67
ptember	6,11	— 15,00	21,11	2,22	— 14,44	16,66
tober	— 4,44	— 24,45	20,01	— 1,67	— 30,55	28,88
vember	— 4,44	— 40,55	36,11	— 6,67	— 41,10	34,43
cember	— 14,44	— 43,88	29,44	— 18,88	— 41,10	22,22

Um aus Orten unter mittlerer Breite und zugleich einem estlicher und einem östlicher gelegenen die absoluten monatlichen Schwankungen zu haben, können die durch CRAAY[1] bekannt gemachten trefflichen Messungen der während ines Zeitraumes von 8 Jahren von 1826 bis 1833 zu Maestricht nd die durch SCHMÖGER[2] aus den Regensburger Beobachungen von 1774 bis 1834 entnommenen monatlichen Maxima nd Minima dienen.

Monatliche Oscillationen der Wärme zu Maestricht.

Monate	Maxima	Minima	Unterschied	halbe Summe
Januar . .	7°,61	—14°,03	21°,64	—3°,21
Februar .	12,48	— 11,41	23,89	0,54
März . . .	16,61	— 3,60	20,21	6,51
April . . .	21,85	— 0,74	22,59	10,56
Mai . . .	26,14	3,13	23,01	14,64
Juni . . .	29,04	7,44	21,60	18,24
Juli . . .	31,55	9,88	21,67	20,72
August . .	29,09	8,86	20,23	18,98
September	23,34	3,79	19,55	13,57
October .	20,03	0,59	19,44	10,31
November	13,31	— 4,03	17,34	4,64
December	11,00	— 7,44	18,44	1,78
Jahr	20,17	— 0,63	20,80	9,77

1 Mémoire sur la Météorologie. p. 23.

2 Monatliche Beobachtungen zu Regensburg u. s. w. Nürnb. 1838.

Monatliche Oscillationen der Wärme zu Regensburg.

Monat	Maxima	Minima	Unterschied	halbe Summe
Januar . .	5°,73	—14°,28	20°,01	— 4°,28
Februar . .	8,62	— 12,00	20,62	— 1,69
März . .	15,51	— 8,60	24,11	— 3,46
April . .	22,60	— 1,70	24,30	10,71
Mai . .	27,17	3,60	23,57	15,38
Juni . .	29,25	7,05	22,20	18,15
Juli . .	31,08	7,72	23,36	19,40
August . .	30,42	8,99	21,43	19,70
September	25,92	4,44	21,48	15,18
October .	19,87	— 0,42	20,29	9,72
November	12,72	— 5,77	18,49	3,48
December	7,50	— 11,42	18,92	— 1,96
Jahr	19,69	1,87	21,56	8,93

Der Anblick der Tabellen bestätigt den aufgestellten Satz einer Zunahme der monatlichen Oscillationen unter höheren Breiten, und es würde leicht seyn, einen analytischen Ausdruck hierfür aufzufinden, jedoch scheint mir die Zahl der vorliegenden Orte zu gering, als dafs dieses mit Genauigkeit geschehn könnte. Aufserdem sind die monatlichen Oscillationen im Ganzen im Frühjahre am gröfsten, im Herbste dagegen am geringsten. Auffallend aber ist die Verschiedenheit der Differenzen der einzelnen Monate in verschiedenen Jahren, wie sich sowohl aus der nachfolgenden Tabelle, als auch insbesondere aus den Beobachtungen zu Felix Harbour ergiebt, und leicht für die anderen Orte nachgewiesen werden könnte, wenn hierfür hinlänglich zahlreiche Beobachtungen vorhanden wären. Zum Beweise theile ich die hier in Heidelberg beobachteten monatlichen Oscillationen der letzten 8 Jahre von 1827 bis 1836 mit.

Monat	1829	1830	1831	1832	1833	1834	1835	1836
nuar	20°,7	26°,8	27°,0	18°,0	21°,8	15°,2	16°,8	26°,7
bruar	25,5	36,0	31,3	15,0	16,2	19,5	15,6	16,2
ärz	18,7	22,0	16,0	18,2	17,5	15,5	11,5	18,8
pril	20,4	21,3	19,5	18,1	11,8	20,6	20,0	19,2
ai	22,0	22,6	21,7	24,5	21,0	20,0	18,0	21,2
ni	21,2	18,5	17,1	14,8	19,3	20,0	21,2	20,0
li	18,0	19,5	13,7	25,0	16,2	16,8	19,2	19,7
igust	19,1	20,4	14,5	17,5	10,6	15,6	17,5	15,0
ptember	18,0	16,2	16,6	13,7	18,2	22,1	15,7	18,8
ctober	19,3	16,3	17,5	19,5	17,2	21,5	13,7	22,5
ovember	15,4	18,0	19,7	18,2	15,4	22,3	25,8	16,1
ecember	18,7	19,2	25,6	16,3	12,8	18,0	26,2	21,4

94) Die monatlichen Mittel kommen zwar der halben
mme aus den monatlichen Maximis und Minimis nahe, man
rd aber diese Grössen nicht dazu anwenden, um jene zu
den, weil zwar in der Regel die Temperatur allmälig steigt
er auch allmälig sinkt, jenachdem man sich der heissesten
it nähert oder sich davon entfernt; allein die Sprünge sind
ierbei noch stärker, als beim täglichen Gange der Wärme,
nd man erhält daher die monatlichen Mittel nur durch Sum-
irung und Division der täglichen Mittel[1]. Die auf solche
Veise gefundenen monatlichen Mittel weichen ferner in ver-
hiedenen Jahren bedeutend von einander ab, so dass man
ehrere Jahre vereinigen muss, wenn man die genaue mittlere
emperatur eines gegebenen Monates bestimmen will. Kämtz[2]
t gefunden, dass diese Unterschiede in den Wintermonaten
össer sind, als in den Sommermonaten. Um hierüber zu
tscheiden, mögen abermals die acht Jahre der hiesigen Beob-
htungen[3] dienen, von denen ich die monatlichen Mittel zu-
mmenstelle, ohne die von selbst sich zeigenden Differenzen
sonders anzugeben.

1 Auffallend hat dieses v. Baer aus den Beobachtungen zu No-
ja Semlia nachgewiesen, wobei das wahre Mittel zuweilen um 4°
s 5° C. von dem aus dem Maximum und Minimum gefundenen abweicht.
Bulletin de la Soc. des Sc. de Petersb. T. II. N. 17.

2 Meteorologie Th. 1. S. 116.

3 Die hier gegebenen Mittel sind aus den Beobachtungen um
Uhr Morgens und Abends und um 3 Uhr Nachmittags. Diese ver-
ut geben zwar nicht die eigentliche mittlere Temperatur, sind aber
hr geeignet, die monatlichen Unterschiede in verschiedenen Jahren
ı zeigen.

Monat	1829	1830	1831	1832	1833	1834	1835	1836
Jan.	—2°,9	—7°,7	—1°,00	0°,02	—3°,60	5°,17	2°,34	0,57
Febr.	0,75	1,45	3,80	2,82	6,72	2,35	4,48	1,80
März	5,63	8,26	7,78	6,06	5,10	6,86	6,46	10,14
April	11,03	12,70	13,45	12,78	9,36	9,26	10,65	10,05
Mai	15,60	16,38	16,02	15,15	20,56	19,23	15,90	14,90
Juni	17,57	18,03	17,90	18,06	20,80	20,44	20,13	19,84
Juli	20,42	21,03	21,36	19,85	18,95	24,36	23,15	21,31
Aug.	17,22	18,62	20,38	20,60	17,01	21,81	20,08	20,80
Sept.	14,50	14,38	15,86	15,60	14,93	18,75	17,11	14,86
Oct.	9,01	10,30	15,32	10,51	10,63	11,27	9,86	11,14
Nov.	2,55	6,85	5,60	4,55	6,00	6,15	2,07	5,66
Dec.	—5,10	1,32	4,25	2,58	6,91	1,90	—0,56	3,40

Die gröfsten Unterschiede in diesen 8 Jahren betragen im

Januar	12°,87	Mai	5°,66	September	4°,25
Februar	8,47	Juni	3,23	October	6,31
März	5,94	Juli	5,41	November	4,78
April	3,40	August	3,59	December	12,01

sind also überwiegend grofs in den drei Wintermonaten. Um noch einige Beobachtungen aus verschiedenen Orten in dieser Beziehung zu prüfen, wähle ich die zweijährigen von Dr. Krull zu Batavia unter 6° 9′ 15″ S. B., vierjährige von 1816 bis 1819 zu Williamstown[1] unter 42° 30′ N. B. und 73° W. L. von G. in 1000 Fufs Höhe und die zweijährigen von 1830 und 1831 von Ross in Felix Harbour unter 7 ° N. B. und 91° 53′ W. L. von G.

Monat	Batavia. 1758	1759	Williamstown. 1816	1817	1818	1819	Felix Harbour. 1830	1831
Januar	26°,11	25°,00	—6°,12	—6°,23	—6°,53	—2°,15	—35°,16	—31°,89
Februar	26,67	25,56	— 5,81	— 9,40	— 9,58	— 2,38	— 34,39	— 31,76
März	26,67	26,11	— 1,48	— 1,92	— 0,44	— 3,62	— 29,16	— 37,06
April	26,11	26,11	5,99	5,91	— 3,84	— 6,66	— 17,02	— 21,35
Mai	26,67	26,67	11,57	12,40	11,99	12,94	— 9,29	— 8,90
Juni	25,00	25,56	15,91	15,81	20,27	19,56	2,66	— 0,25
Juli	25,56	- - -	18,14	19,56	21,81	21,28	6,98	3,20
August	26,11	- - -	18,03	19,15	18,48	20,54	4,71	2,50
Septbr.	26,11	- - -	12,79	14,80	13,01	17,78	— 2,55	— 13,16
Octbr.	25,00	- - -	9,12	7,26	8,95	7,95	— 12,48	— 18,46
Novbr.	23,89	- - -	4,09	3,72	4,09	3,45	— 24,15	— 23,87
Decbr.	26,11	- - -	— 2,58	— 2,77	— 5,34	— 3,85	— 28,01	— 33,06

Die Uebersicht zeigt, dafs die monatlichen Unterschiede mit den Breitengraden zunehmen; denn zu Batavia betragen

1 Edinburgh Philos. Journ. N. XII. p. 351.

e gröfsten derselben im Januar und Februar um 1°,11 und
len in die Mitte des dortigen Sommers, die zu Williamstown
s 4 Jahren und zu Felix Harbour aus 2 Jahren entnommenen
öfsten monatlichen Unterschiede stelle ich aber zur Vergleichung
t den hier zu Heidelberg gefundenen zusammen, woraus zu
gen scheint, dafs die Differenzen an beiden Orten im Gan-
n geringer sind, als sie hier waren. Dieses ist für Nord-
ierica auffallend, weil dort die Temperatur durch die Rich-
ng der Winde so sehr wechselt, und zu Williamstown mufs
her dieser Einflufs durch die geringere Breite mehr als com-
nsirt werden.

Monat	Will.t.	Fel. Harb.	Monat	Will.t.	Fel. Harb.
Januar	4°,38	3°,27	Juli	3°,67	3°,78
Februar	7,20	1,37	August	2,51	2,21
März	3,18	7,89	Septbr.	4,99	10,61
April	2,09	4,33	Octbr.	1,86	5,98
Mai	1,37	0,39	Novbr.	0,64	0,28
Juni	4,96	2,89	Decbr.	2,96	4,05

Zur weiteren Vergleichung stelle ich endlich noch die
lurch Boussingault mitgetheilten Beobachtungen von Hall
nd Salaza zu Quito unter 13′ 17″ S. B. aus den Jahren
on 1825 bis 1828 und die hierbei sich zeigenden gröfsten
nterschiede tabellarisch zusammen, woraus sich ergiebt, wie
ht die Unterschiede der mittleren monatlichen Temperaturen
den verschiedenen Jahren unter niederen Breiten verschwin-
en, ein Resultat, welches sich auch aus den Messungen zu
atavia sichtbar herausstellt.

Monat	1825	1826	1827	1828	Gröfste Untersch.
Januar	— —	— —	15°,3	14°,4	0°,9
Februar	— —	15°,9	16,5	15,9	0,6
März	— —	15,7	15,2	15,8	0,6
April	— —	15,5	15,2	15,7	0,5
Mai	— —	15,4	— —	16,4	1,0
Juni	— —	14,1	— —	15,9	1,8
Juli	16°,5	— —	13,7	— —	2,8
August	16,7	16,0	15,5	— —	1,2
Septbr.	— —	16,4	16,2	— —	0,2
October	15,1	15,7	15,8	— —	0,7
Novbr.	— —	15,7	15,0	— —	0,7
December	— —	14,8	16,9	— —	2,1

e) Jährliche mittlere Temperatur.

95) Die jährliche mittlere Temperatur interessirt die Naturforscher vorzugsweise und ist das endliche Resultat, welches man durch die täglichen Thermometermessungen zu erhalten sich bestrebt. Sie bildet einen entscheidenden Charakter der Orte unter verschiedenen Polhöhen und bedingt die Art der Vegetation mit gleichzeitigem wichtigen Einflusse sowohl auf die thierische Schöpfung im Allgemeinen, als auch auf die Lebensweise der Menschen im Besondern. Man erhält dieselbe durch Vereinigung der gefundenen monatlichen mittleren Temperaturen, indem man annimmt, daſs deren Summe durch die Zahl der Monate dividirt die mittlere Temperatur des Jahres genau gebe. Hieraus folgt, daſs zur Auffindung derselben ganzjährige Beobachtungen erforderlich sind, inzwischen ist so eben gezeigt worden, daſs die mittleren monatlichen Temperaturen, hauptsächlich unter höheren Breiten, nicht unbedeutend verschieden sind, und es fragt sich also, ob gleiche Unterschiede in den mittleren jährlichen vorkommen. Suchen wir die Frage im Allgemeinen zu beantworten, so hat allerdings v. HUMBOLDT[1] aus mehrjährigen Beobachtungen zu Paris und Genf gefolgert, daſs unter mittleren Breiten die jährliche Wärme sich stets fast gleich bleibt, welchem Resultate KÄMTZ[2] beitritt und darauf den Schluſs baut, daſs schon einjährige Beobachtungen die mittlere Temperatur eines Ortes nahe genau geben, durch Verbindung mehrjähriger aber ein zunehmend mehr genäherters Mittel erhalten werde. So unbezweifelt richtig dieses ist, so geht doch aus den vorhandenen Thatsachen unverkennbar hervor, daſs die mittlere Wärme der einzelnen Jahre an den nämlichen Orten oft bedeutende Unterschiede zeigt, und es lohnt sich daher allerdings der Mühe, diese Frage näher zu untersuchen.

α) Schwankungen der jährlichen mittleren Temperatur.

96) Zuerst bleibt unter niederen Breiten die mittlere Wärme sich fast unausgesetzt gleich und einzelne Abweichungen von dieser Regel gehören zu den seltenen Ausnahmen. Hiernach ist leicht erklärlich, daſs die jährlichen mittleren Temperaturen

1 Mém. de la Soc. d'Arcueil. T. III. p. 559.

2 Meteorologie. Th. I. S. 114.

is verschiedenen Jahren dort nur unbedeutend von einander abweichen. Zum Beweise können die im vorhergehenden Abschnitte mitgetheilten Temperaturen zu Batavia und Quito dienen. Dieses nämliche Verhalten findet innerhalb der Wendekreise und in geringer Entfernung über diese hinaus noch statt, wie deutlich aus den Beobachtungen zu Rio de Janeiro unter 22° 54′ S. B. hervorgeht, welche DORTA[1] im Jahre 1785 um 10 Uhr Morgens und 10 Uhr Abends angestellt hat, verglichen mit denen von D'OLIVEIRA[2], obgleich die letzteren kein volles Jahr umfassen.

Monat	Dorta	d'Oliv.	Mittel	Monat	Dorta	d'Oliv.	Mittel
Januar	27°,44	27°,39	27°,41	Juli	20°,08	22°,88	21°,48
Febr.	26,37	27,78	27,08	Aug.	22,44	22,52	22,48
März	24,55	26,01	25,28	Sept.	22,22	21,67	21,94
April	24,77	24,02	24,39	Oct.	23,14		
Mai	22,03	22,03	22,03	Nov.	24,33		
Juni	20,36	21,47	20,93	Dec.	25,56		

Das ganzjährige Mittel beträgt nach DORTA 23°,63 C., nach D'OLIVEIRA aus den 9 Monaten 23°,83; die drei (dortigen) Wintermonate Juni, Juli und August geben nach Ersterem 20°,97, nach Letzterem 22°,29, also im Mittel 21°,63, mit so unbedeutenden Unterschieden, daſs hieraus das stete Gleichbleiben der dortigen Temperatur sichtbar hervorgeht. Auf gleiche Weise war nach den Beobachtungen zu Benares[3] unter 25°,3 N. B. die mittlere Temperatur im Jahre 1824 = 25°,2 C., 1825 = 25,72 und 1826 = 25,46 mit einem kaum merklichen Unterschiede, die zu Bancoorah nach MACRITCHIE[4] im Jahre 1827 um 10 Uhr Morgens und Abends im Mittel = 25°,79, im Jahr 1828 aber = 26°,23 mit einem Unterschiede von nicht mehr als 0°,44. Sehr genaue und daher zur Vergleichung vorzüglich geeignete Bestimmungen der mittleren Temperaturen[5] besitzen wir von FUNCHAL auf der Insel Madeira unter 32° 37′ 40″ N. B. Hierfür giebt KIRWAN 20°,27 C., v. HUMBOLDT 20°,5 an, nach HEINEKEN war sie im Jahre 1824 =

1 Aus Mem. de Lisboa in v. HUMBOLDT Voy. T. X. p. 428.

2 Bibliotb. univ. 1826. p. 372.

3 Philos. Trans. 1828. p. 252.

4 Edinburgh New Philos. Journ. N. XXVI. p. 343.

5 Edinburgh Journ. of Sc. N. XIX. p. 80.

20°,11; im Jahre 1825 = 20°,33; im Jahre 1826 = 17°,90; im Jahre 1827 = 18°,66; im Mittel also = 19,25. Nach einer Prüfung der vorhandenen verschiedenen Bestimmungen durch HEBERDEN[1], welcher sich längere Zeit dort aufhielt, rühren die Unterschiede keineswegs ganz von Beobachtungsfehlern her, sondern die dortige Temperatur schwankt in den verschiedenen Jahren zwischen 17°,91 und 20°,27 und kann im Mittel etwa = 19°,16 angenommen werden. Nach den Untersuchungen von FOSCO[2] zeigt sich jedoch, vermuthlich in Folge ungleicher Regenmengen und nicht stets gleich anhaltender Winde, selbst innerhalb der Wendekreise in Ostindien eine merkbare Verschiedenheit der jährlichen mittleren Temperaturen, denn für Madras unter 13° 14′ 31″ N. B. wurde im Jahre 1823 die mittlere Temperatur = 28°,62 gefunden, ROXBURGH aber fand nur 26°,90; für Pondichery unter 11° 55′ 42″ giebt LE GENTIL 29°,44 als mittlere Temperatur an, womit das durch Fosco gefundene annähernde Resultat von 28°,96 C. sehr genau übereinstimmt, dennoch aber will Letzterer gefunden haben, daſs die mittlere Wärme daselbst sehr variirt. Zu Seringapatam unter 12° 45′ N. B. fand SCARMAN im Jahre 1814 aus Beobachtungen bei Sonnenaufgang und um 3 Uhr Nachmittags im Mittel 25°,58, im Jahre 1816 aber nur 24°,29 mit einem Unterschiede von 1°,29, und ebenso erhielt STEVENSON[3] zu Lima unter 12° 2′ 51″ S. B. für 1805 die mittlere Wärme = 21°,73, für 1810 aber = 20°,56 mit einem für bloſs zwei Jahre umfassende Beobachtungen allerdings bedeutenden Unterschiede von 1°,17 C. Unter höheren Breiten kann man zwar im Allgemeinen annehmen, daſs die mittlere jährliche Wärme sich stets ziemlich gleich bleibe, allein die Unterschiede sind doch ungleich bedeutender, als unter niederen, obgleich bei weitem nicht so groſs, als man aus den sehr ungleichen Extremen der Hitze und Kälte anzunehmen sich veranlaſst fühlt. Im Ganzen müssen sich daher wohl die heiſsen Sommer durch kalte Winter ausgleichen, allein da die Erfahrung gezeigt hat[4], daſs der eine nicht als Prognosticon des andern gelten könne, so muſs

1 Edinburgh Journ. of Sc. New Ser. N. I. p. 40.

2 Edinburgh Journ. of Sc. N. X. p. 249.

3 Reisen in Arauco, Chile, Peru und Columbia. Weim. 1826. S. 99.

4 Vergl. *Meteorologie*. Bd. VI. S. 2077.

mehr die gewöhnlich statt findende Ausgleichung auf der
en Dauer der auffallenden Hitze oder Kälte und der län-
n einer der mittleren sich sehr nähernden beruhe. Es
sich jedoch leicht zeigen, dass die Schwankungen der
leren jährlichen Temperaturen mit den Breiten zunehmen.
berichtet D'HOMBRES-FIRMAS, dass zu Alais unter 44°
N. B. die mittlere Temperatur des Monats Juni 1824 nur
2 betrug, statt dass ein zwanzigjähriger Durchschnitt 23°,4
, das absolute Maximum dieses Jahres erreichte nur 24°,
ndern dagegen 30° bis 32° und auch wohl 35°, das ab-
te Minimum jenes Jahres war —6°, dagegen 1810 = —12°,
7 = —11°,25 und 1820 = —13°,5. Zu Wien unter 48° 12'
N. B. war nach BAUMGARTNER die mittlere Temperatur
den Jahren 1821 bis 1826 = 10°,28, das ungewöhnliche Jahr
9 hatte aber nur 7°,61, das Jahr 1822 für sich allein 12°,11
1823 gleichfalls nur 9°,94. Vorzüglich geben die vieljäh-
n genauen Beobachtungen zu Genf und Paris ein treffliches
tel zur Beantwortung der vorliegenden Frage. Für Genf un-
46° 12' N. B. haben wir verschiedene Zusammenstellungen,
das Schwankende der jährlichen mittleren Temperaturen
htbar vor Augen stellen. H. C. LULLIN vergleicht die-
e mit der zu Rolle am Genfer See in den Jahren 1816 bis
5 gefundenen. Hiernach war die in Graden der 80theil.
le:

Jahr	Genf	Rolle	Jahr	Genf	Rolle
1816	7°,09	7°,48	1821	8°,28	8,78
1817	8,11	8,26	1822	8,28	9,70
1818	7,96	9,06	1823	6,50	8,30
1819	8,21	9,08	1824	6,66	8,52
1820	7,63	8,45	1825	7,55	9,08

raus ergiebt sich das Mittel für Genf = 7°,03 R. und für
lle = 8°,67; sie war aber 1827 am ersteren Orte = 8°,13 R.
l im Jahre 1828 = 8°,52, zu Vevay aber in diesen beiden
ren = 8°,02 und 9°,30 R. Nach den meteorologischen Ta-
len war das Mittel aus 37 Jahren zu Genf = 7°,82 R.

1 Biblioth. univ. T. XXXVII. p. 187.
2 Wiener Zeitschrift. Th. VI. S. 299. Th. VII. S. 396.
3 Vergl. KÄMTZ Meteorologie. Th. I. S. 114.
4 Biblioth. univ. T. LII. p. 1.

Nach einer andern Angabe in derselben Zeitschrift[1] ist aus einem zehnjährigen Durchschnitte der Jahre 1825 bis 1834 die mittlere Temperatur zu Genf = 7°,85 R., die von 1796 bis 1824 = 8°,06, die der letzten 38 Jahre = 7°,83 R. Mit geringerer Schwankung war die mittlere Temperatur auf dem St. Bernhard nach einem 16jährigen Durchschnitte von 1818 bis 1833 = — 0°,89 R., nach einem zehnjährigen Durchschnitte von 1825 bis 1834 = — 0°,96 R. Für Paris unter 48° 50′ N. B. hat J. M. Bouvard[2] aus 21jährigen Beobachtungen von 1806 bis 1826 die mittlere Temperatur = 10°,81 C. gefunden; die gröfsten Abweichungen hiervon gaben das Jahr 1816 mit 9°,40 und das Jahr 1822 mit 12°,10, woraus ein Unterschied von 2°,70 C. hervorgeht. Zu Brüssel unter 50° 51′ N. B. erhielt Quetelet[3] für 1833 die mittlere Temperatur = 10°,42 und für 1834 = 12°,17 C., so dafs diese beiden Jahre einen Unterschied von 1°,75 geben; es ist aber die mittlere aus vielen Jahren nach Abbé Mann[4] = 10°,06, nach Kickx = 10°,63, nach Crahay = 10°,88. Die Ursache dieser nicht unbedeutenden Unterschiede ist ohne Zweifel darin zu suchen, dafs die allerdings häufigern warmen Sommer und gelinden Winter, wie 1807, 1811, 1819, 1822 und 1834 gegen die früheren Jahre, in denen hauptsächlich nur 1783 wegen seiner Hitze bekannt ist; die mittlere Temperatur der letzteren Jahre gegen die früheren etwas gehoben hat. Hier zu Heidelberg unter 49° 24′ N. B. geben die Beobachtungen um 9 Uhr Morgens und Abends nebst den um 2,5 Uhr Nachmittags von 1821 bis 1836 im Mittel 11°,05 und das Maximum im Jahre 1834 = 12°,5, das Minimum aber im Jahre 1829 = 8°,76, woraus ein Unterschied von 3°,74 hervorgeht. Aus der Zusammenstellung der Regensburger Beobachtungen durch Schmöger[5] von 1774 bis 1834 ergeben sich die drei gröfsten Maxima der jährlichen mittleren Temperaturen im Jahre 1778 = 10°,34, im Jahre 1795 = 10°,41 und im Jahre 1834 = 10°,85 C.; die drei Minima aber in den Jahren 1785

1 Biblioth. univ. 1835. Avril. p. 408.

2 Mém. de l'Acad. l'Instit. de France. T. VII. p. 327.

3 Bulletin de la Soc. R. de Bruxelles. 1835. T. II. p. 48.

4 Ebendaselbst p. 355.

5 Meteorologische Beobachtungen von Regensburg. 1. Hft. Nürnberg 1835.

und 1829 = 6°,77, 6°,36 und 6°,40, so dafs der Unterschied fast 4° und darüber beträgt.

Der auffallend grofse Unterschied ist ohne Zweifel mindestens großentheils eine Folge der bedeutenden Menge von Jahren, die hierbei verglichen worden sind, denn während der 12 Jahre, welche Egen's[1] Beobachtungen zu Elberfeld umfassen, war die mittlere Temperatur im Jahre 1822 am gröfsten = 11°,0937 und 1820 am geringsten = 8°,387 mit einem Unterschiede von 2°,7067. Beide Extreme geben im Mittel 9°,74, welches vom eigentlichen Mittel aus allen 12 Jahren = 10°,0256 noch um 0°,2856 abweicht. Vergleichen wir dagegen die mittleren Temperaturen zu Berlin vom Jahre 1756 bis zum Jahre 1827, wie sie aus Mädler's[2] Zusammenstellung hervorgehen, so giebt das Jahr 1756 das Maximum = 11°,71 und das Jahr 1799 das Minimum = 6°,56 mit einem Unterschiede von 5°,15. Fehlte hierbei das erste Jahr 1756, so gäbe das Jahr 1761 das Maximum = 11°,02 und der Unterschied betrüge nur 4°,46. Nach Hertzberg's Beobachtungen zu Malmanger unter 59° 53' N. B. in 64 F. Meereshöhe von 1798 bis 1807 und zu Ullensvang unter 60° 19' N. B. in 32 F. Höhe von 1807 bis 1827 waren dort bei einer mittleren Temperatur von 6°,35 die Extreme im Jahre 1802 = 6°,06 und 1812 = 9°,62, welches einen Unterschied von 3°,56 giebt. Da für beide Orte lange Reihen von Beobachtungen zum Grunde liegen, so läfst sich aus der Gleichheit der ganzjährigen Oscillationen schliefsen, dafs diese unter mittleren und etwas höheren Breiten wenig von einander abweichen. Nehmen wir noch zwei Orte unter gleicher Breite mit dem letzteren und unter einer noch höheren, so ergiebt sich auch daraus die Bestätigung dieses Satzes. Zu Upsala unter 59° 52' N. B. ist aus den Jahren 1776 bis 1787 die mittlere Temperatur = 4°,998, die höchste war im Jahre 1779 von 7°,36 und die niedrigste im Jahre 1784 von 3°,54 mit einem Unterschiede von 3°,82 C., zu Enontekis unter 63° 3' N. B. aber war aus denselben Jahren die mittlere = — 1°,16 und schwankte zwischen dem Maximum 0°,9 im Jahre 1787 und dem Minimum = — 3°,4 im Jahre

1 Berghaus Annalen der Erd-, Völker- und Staaten-Kunde. V. S. 327.

2 Hertha, Zeitschrift für Erd-, Völker- und Staaten-Kunde. XI. S. 442.

1780, wobei der Unterschied sogar 5°,3 beträgt, so dafs h
aus wohl eine Zunahme der Oscillationen der jährlichen m
leren Temperaturen mit zunehmenden Breiten gefolgert we
könnte. Noch auffallender aber ist, dafs an diesen b
Orten das Mittel aus den ersten 6 Jahren zu Upsala 5
und zu Uleäborg — 2,15, aus den letzten 6 Jahren da
am ersten Orte 4°,456, am letzteren — 0,188 beträgt[1]. S
mehrjährige Mittel können daher vom eigentlichen Mitte
vielen Jahren nicht unbedeutend abweichen. Mädl
findet aus der Uebersicht der zu Berlin von 1756 bis 1
angestellten Thermometerbeobachtungen, dafs der Grund
gröfseren oder geringeren Mitteltemperatur fast allezeit in
ausgezeichneten Wärme oder Kälte einer einzelnen Jahr
gegründet ist, wogegen eine allgemeine, über das ganze
verbreitete Vermehrung oder Verminderung der Wärme
die Seltenheiten gehört. Jene Abnormitäten folgen aber
ganz selten mehrere Jahre nach einander und können
die Mitteltemperatur einige Jahre anhaltend leicht verm
oder vermindern. Ob diese Sätze auch auf Orte unter
weichenden Breiten und Längen anwendbar sind, kann
vermuthet werden; zur definitiven Entscheidung fehle
geeigneten Beobachtungen.

In Nordamerica scheinen die Schwankungen der jähr
mittleren Temperaturen noch bedeutender zu seyn. Zu N
im Mississippi unter 31° 34′ N. B. war nach Andrew Ell
die Temperatur im Jahre 1800 nur 17°,91, im Jahre 18
= 19°,31 und im Jahre 1803 wieder = 19°,25, die le
beiden Gröfsen wenig verschieden, allein die ersten
bieten doch den nicht unbeträchtlichen Unterschied von 1
dar. Zu Marietta unter 39° 25′ N. B. fand Hildreth
mittlere jährliche Wärme im Jahre 1828 = 12°,88 C.
= 11°,32 und 1830 = 12°,73, welche Bestimmungen
Unterschied von 1°,56 geben, im Jahre 1831 betr
nur 10°,47 mit einer noch gröfseren Differenz von 2
Aus Williamstown unter 42° 30′ N. B. und 1000 Fuf

1 S. L. u. Buch in G. XLI. 45.
2 A. a. O. Hertha Th. XI. S. 437.
3 American Philos. Trans. T. VI. p. 28.
4 Sillimann Amer. Journ. of Sc. T. XX. p. 126.
5 Ebendaselbst T. XXII. p. 109.

r Meeresfläche geben vierjährige genaue Beobachtungen
n 1816 bis 1819 folgende mittlere Temperaturen[1]: 6°,86,
,55, 6,77 und 6°,42, mithin als gröfsten Unterschied 1°,37.
i Fayetteville unter 42° 58' N. B. erhielt Martin Field[2]
den zwei Jahren 1829 bis 1831 zwar genau übereinstimmend
,78, allein das Jahr 1831 auf 1832 gab nur 6°,33, mithin
e sich in diesem kurzen Zeitraume doch schon ein Unter-
ied von 0°,45. Aus Montreal in Ober-Canada unter 45°
N. B. haben wir sehr genaue Bestimmungen von Archi-
Hall[3] aus Beobachtungen um 7 Uhr Morgens und 3
Nachmittags vom Jahre 1826 bis 1835, aus denen die
wankungen der jährlichen Mittel sichtbar hervorgehn, wes-
n ich sie übersichtlich zusammenstelle. Die mittlere
e aus den 10 Jahren betrug 7°,6; es waren aber die
ichen Mittel und ihre Abweichungen vom allgemeinen
l folgende.

Jahr	Mittel	Untersch.	Jahr	Mittel	Untersch.
1826	8°,83	+1°,23	1831	8°,22	+0°,62
1827	7,05	— 0,55	1832	7,05	— 0,55
1828	8,49	+ 0,89	1833	7,11	— 0,49
1829	7,78	+ 0,18	1834	7,22	— 0,38
1830	8,77	+ 1,17	1835	5,56	— 2,04

s beträgt die gröfste Abweichung vom Mittel 2°,04, die
te Differenz zweier Jahre 3°,27, und zugleich folgen 4
e mit geringeren Wärmen und 3 Jahre mit gröfseren auf
der, so dafs offenbar die mittlere ziemlich fehlerhaft aus der
oder der andern dieser Reihen bestimmt werden würde.
Felix Harbour unter 70° N. B. haben wir Beobachtungen
zwei auf einander folgenden Jahren und diese geben für
in Mittel — 15°,07 und für 1831 — 16°,42, also mit
n Unterschiede von 1°,35, wonach zu vermuthen steht,
länger anhaltende Beobachtungen noch gröfsere Differenzen
n würden. Wenn also bei mittleren Temperaturen von
5° bis 12° C. einzelne Jahre Unterschiede von 1°,5 bis
4° geben, so müssen wir wohl zugestehen, dafs nur durch
igen Zufall ein einzelnes Jahr hinreichen wird, um diese

1 Edinburgh Phil. Journ. T. XII. p. 351.
2 Sillimann Amer. Journ. T. XVIII. p. 366. T. XXIV. p. 298.
3 Edinburgh Philos. Journ. N. XLII. p. 236.

wichtige Bestimmung mit der erforderlichen Genauigkeit zu erhalten, da die Unterschiede vom Mittel nach den hier gefundenen gröfsten Abweichungen von 0°,75 bis fast 2° betragen können.

β) Kälte der südlichen Halbkugel.

97) Ohne hier schon auf die Untersuchung der Bedingungen einzugehn, von denen die jährliche mittlere Temperatur der verschiedenen Orte der Erde abhängt, dürfen wir im Allgemeinen als bekannt voraussetzen, dafs wohl nicht blofs hauptsächlich, sondern fast ausschliefslich der Stand der Sonne als wirkende Ursache anzusehn ist, indem sonstige Einflüsse meistens nur local sind, und dafs diesemnach die mittlere Temperatur der Orte fast allein durch die Polhöhe bedingt werde. Hiernach müfsten ferner beide Hemisphären unter gleichen Breiten gleiche Wärme haben, allein insbesondere seit Cook's[1] Erfahrungen über das Herabgehn des Polar-Eises der südlichen Halbkugel bis zu mittleren Breiten hielt man die letztere für ungleich kälter, als die nördliche[2], und fand die Ursache dieser Ungleichheit theils in dem kürzeren Sommer der südlichen Halbkugel, sofern die Sonne vermöge ihrer elliptischen Bahn sich ungefähr 8 Tage länger in ihrer nördlichen Abweichung befindet, oder umgekehrt in dem längeren Winter derselben, während dessen die Erde dort nach Prévost[3] mehr Wärme ausstrahlen soll, theils in der ungleichen Beschaffenheit ihrer Oberfläche, welche, gröfstentheils mit Wasser bedeckt, eine geringere Menge von Sonnenstrahlen absorbiren und in Wärme umwandeln soll. Der letzteren Ansicht ist

---

1 Die Idee einer gröfseren Kälte der südlichen Halbkugel verbreitete sich schon früh durch die Vergleichung der hohen Breitengrade, wohin Schiffer gelangten, mit der rauhen Temperatur, die in der Magellans-Strafse gefunden worden war. Mairan in Théorie de la Terre T. I. und Buffon in Mém. de l'Acad. 1765 erklärten sich aus theoretischen Gründen dagegen, Aepinus in: de Distributione caloris 1751 vertheidigte sie abermals, Le Gentil Voyage dans l'Inde T. I. und Kirwan in Irish Transactions T. VIII. stellten die Thatsache des so hoch heraufkommenden Eises wieder in Abrede.

2 Vergl. Art. *Erde* Bd. III. S. 996. Von dieser gröfseren Kälte handelt auch Simonoff in Corresp. Astr. T. XIV. N 3. Daraus in Bibl. univ. T. XXXI. p. 296.

3 Ann. de Chim. et Phys. T. LX. p. 368.

erdings auch Poisson[1], weil die kürzere Dauer des südlichen Sommers durch die gröfsere Nähe der Sonne ausgeglichen wird, wie zuerst Lambert[2] andeutete. Die Ursache der Annahme einer solchen, factisch nicht vorhandenen, Ungleichheit lag jedoch blofs darin, dafs man die Temperatur der südlichen Halbkugel nach derjenigen Wärme bestimmte, die an der Westküste Europa's bis über Spitzbergen hinaus herrscht, die nicht als Regel, sondern nur als Ausnahme gelten kann[3]. Man wufste auch bereits seit längerer Zeit, dafs die Ungleichheit der Temperaturen beider Halbkugeln erst unter höheren Breiten beginne, wie unzweifelhafte Messungen beurkunden. So erzählt James Prior[4], dafs auf den Sechellen, den kleinen Inseln unter 4° S. B., die Wärme im Ganzen gleichbleibender ist, wie überall auf den Inseln der äquatorischen Zone, und daher selten über 30° C. steigt, und Kotzebue[5] bezeugt, dafs im stillen Ocean unter 15° 15′ S. B. im März, also um die Zeit der dortigen Herbstnachtgleiche, das Thermometer nicht unter 30° C. herabging. Auf Mauritius (Isle de France) unter 20° 9′ 45″ S. B. zeigte das Thermometer im December, im dortigen Sommer, im Schatten auf dem Schiffe nach James Prior[6] 26° bis 30°,56 C. auf dem Lande aber noch gegen 2° mehr. Die Temperatur des Caps der guten Hoffnung, unter 33° 56′ S. B., so wie der dortigen Colonieen kennen wir aus den neuesten Messungen ziemlich vollständig und es wird hiervon später ausführlicher die Rede seyn, weswegen es genügt zu bemerken, dafs sie genau mit der unter gleichen Graden N. B. übereinkommt; dennoch aber wird glaubhaft versichert[7], dafs unter 39° 45′ S. B. eine grofse Menge Treibeis das Meer bedeckt habe, wodurch ein Schiff bedeutend beschädigt wurde, namentlich war dieses im Jahre 1829 der Fall[8]. Dagegen versichert Simonoff[9] auf Neuseeland

1 Ann. de Chim. et Phys. T. LIX. p. 101.
2 Pyrometrie. S. 310. §. 588.
3 Vergl. de la Rive und Poggendorff in des Letzteren Ann. d. Ph. Th. XXXIX. S. 66.
4 Beschr. einer Reise in d. Indischen Meeren. Weim. 1819. S. 109.
5 Neue Reise um die Welt. Weim. 1830. S. 61.
6 A. a. O. S. 109.
7 Edinburgh New Philos. Journ. N. XV. p. 193.
8 Ann. de Chim. et Phys. T. XLII. p. 418.
9 Biblioth. univ. T. XXXI. p. 296.

unter 41° S. B. eine milde Temperatur gefunden zu haben, indem die Menschen mitten im Winter fast unbekleidet waren und das Thermometer 20° C. zeigte. Auf der Insel Macquarie sah derselbe eine Art Papageien, die sicher keinen hohen Grad der Kälte aushalten und dennoch das ganze Jahr hindurch sich dort aufhalten. Peron[1] bemerkt, dafs bei den Decres-Inseln unter 35° 30′ S. B. die Wärme im Januar, dem dortigen Sommer, meistens 23°,87 betrug, an einigen Tagen aber, mindestens auf den Inseln selbst, 34°,35 C. erreichte, was nicht weniger ist, als unter gleichen Graden nördlich vom Aequator angetroffen wird; auf der King-Insel bei Neuholland aber unter 39° 50′ S. B. stieg im December das Thermometer selten über 18°,75 C., worin man dort schon die geringere Wärme der südlichen Halbkugel wahrnehmen dürfte, wenn sie sich unter gleichen Breiten allgemein so zeigte. Von der Insel Neu-Georgia unter 54° 30′ S. B. erzählt Forster[2], dafs ihre Berge selbst im Sommer mit Schnee bedeckt sind, welcher bis zum Meeresstrande herabreicht, und dafs sie nur an einigen Stellen durch die Sonnenstrahlen entblöfst werden, wogegen jedoch Weddel[3] behauptet, Grasbüsche bis zu zwei Fufs Höhe und selbst auf Neuschottland zwischen 61° und 63° S. B. noch Gras und ein dem isländischen ähnliches Moos gefunden zu haben. Vergleicht man dieses mit dem, was Norwegens und Schwedens Küsten unter gleichen nördlichen Breiten zeigen, so wird die gröfsere Kälte der südlichen Halbkugel dadurch allerdings minder zweifelhaft. Simonoff[4] berichtet, dafs er im December, dem dortigen Sommer, die Insel Neu-Georgien mit Schnee bedeckt und ihre Buchten mit Eis erfüllt gefunden habe, auch stieg das Thermometer nie über 5° C. und unter 64° S. B. kam die Temperatur im Sommer nie über 0° C., statt dafs man unter gleicher nördlicher Breite die blühende Stadt Archangel findet. Vorzüglich ist das Feuerland und die Magellans-Strafse zwischen 53° bis 56° N. B. durch Cook und Forster als stets winterlich, mit Schnee bedeckt und der Vegetation fast ganz beraubt geschildert worden, wogegen

1 Dessen Reise von Freycinet. Weim. 1819. Th. II. S. 122 u. 14

2 Bemerkungen. S. 145.

3 A Voyage towards the South-Pole ect. Lond. 1825.

4 A. a. O. p. 297.

jedoch Banks und Byron versichern[1], ebendaselbst einen üppigen Baumwuchs gefunden zu haben. Hiermit übereinstimmend schreibt ein See-Offizier[2], die angenommene Kälte der südlichen Halbkugel sey eine Fabel; denn am Cap Horn unter 56° S. B. sey die Vegetation im Mai, dem dortigen November, in voller Kraft gewesen und nur wenig Schnee habe sich in niedrigen Gegenden gefunden. Inzwischen sey es dort stets regnerisch und windig, der Sommer wenig heifs, aber der Winter von nicht intensiver Kälte.

Kaum scheint es möglich, diese widersprechenden Angaben zu vereinigen. Am leichtesten dürfte dieses noch seyn hinsichtlich des Feuerlandes, dessen mittlere Temperatur allerdings die Vegetation der härteren Baumerten gestatten mag, obgleich das Klima dort höchst rauh und unfreundlich ist. Hierüber giebt A. de Cordova[3] Auskunft, indem er sagt, dafs in der Magellans-Strafse selbst im hohen Sommer die Wärme nicht über 7° bis 8° steigt und zuweilen sogar bis zum Gefrierpuncte des Wassers herabsinkt, wobei kaum ein Tag ohne Regen vergeht und Stürme beständig herrschen, welche aus Westen wehend die Durchfahrt von Nord und von Ost her erschweren. Die Temperatur des dortigen Winters kennt man nicht, vermuthlich aber ist sie verhältnifsmäfsig wegen der Nähe des Meeres nicht so niedrig, als für Continente ein solcher Sommer erwarten liefse. Höchst auffallend aber müfste es seyn, die älteren Nachrichten von der Höhe, bis zu welcher Massen des südlichen Polareises nach dem Aequator zu heraufkommen sollen, auch neuerdings bestätigt zu finden, wenn nicht Horsburgh[4] über dieses seltsame Phänomen genügende Auskunft gäbe, indem er zeigt, dafs die Fälle dieser Art zu den seltenen, auch auf der nördlichen Halbkugel vorkommenden Ausnahmen gehören. Seit fast einem halben Jahrhundert begegnete kein Schiff der Ostindienfahrer einem Eisberge, obgleich viele derselben die Parallele von 40° bis 42° S. B. erreichten; allein am 7. April 1828 passirte das französische Schiff Harmonie, von Calcutta kommend, unter 35° 50′ S. B. und

---

1 Hawkesworth Geschichte der Seereisen. Th. I. S. 52. Th. II.
2 bei Kämtz Met. II. 125.
3 Edinburgh New Philos. Journ. N. XV. p. 191.
4 Reise nach der Magellans-Strafse. Weim. 1820. S. 90.
5 Philosoph. Trans. 1830. p. 117.

18° 5′ W. L. von Gr. durch einige Eisberge, deren einer 100 Fuſs über das Wasser emporragte, und ebenso wurden am 28. desselben Monats vom holländischen Schiffe Elisa unter 37° 31′ S. B. und 18° 17′ W. L. v. G. Eisberge gesehn, deren Spitzen 250 bis 300 Fuſs über das Wasser emporzuragen schienen. Abermals am 20. April 1829 traf der Ostindienfahrer Farquharson unter 39° 13′ S. B. und 48° 46′ W. L. v. G. einen groſsen Eisberg, dessen Höhe über dem Wasser 150 engl. Fuſs gemessen wurde. Vorher scheinen keine Eisberge in solcher Entfernung vom Pole gesehn worden zu seyn, denn es wird bloſs erwähnt, daſs am 24. Decbr. 1789 unter 44° 10′ S. B. und 41° 25′ östl. L. deren angetroffen wurden, weswegen man annahm, das Polareis gelange auf beiden Hemisphären ausnahmsweise bis etwa 40° vom Pole. Auffallend ist hierbei, daſs in den beiden erst genannten Jahren die Eisberge stets im April gesehn wurden, woraus man nach Horsburgh schlieſsen sollte, daſs sie auf der nördlichen Halbkugel in dem correspondirenden Monate October sich am weitesten vom Pole entfernen müſsten, allein es ist sonderbar, daſs sie auch hier im Monat April und Mai gesehn wurden. So sah am 14. April 1817 das Schiff Minerva auf seiner Fahrt von Newyork nach Liverpool unter 42° 47′ N. B. und 47° W. L. vier groſse Eisberge, am 7. Mai 1823 stieſs ein Schiff auf seiner Fahrt von Liverpool nach Neufundland auf einen Eisberg, jedoch ist die geographische Lage des Ortes nicht angegeben, am 14. Mai 1814 aber stieſs eine nach Quebeck segelnde Schiff-Abtheilung unter 44° 18′ N. B. und 50° 50′ W. L. v. G. auf nicht weniger als 20 *Eisberge*, deren einige 80 Fuſs aus dem Wasser emporragten, und passirte am Nachmittage ein *Eisfeld* von 20 engl. Meilen Ausdehnung und stellenweise 30 Fuſs über die Wasserfläche emporragend. Wenn Horsburgh nach diesen Thatsachen auf die Anwesenheit eines Landes unter dem südlichen Polarkreise und auf ein ungewöhnliches Naturereigniſs, als etwa ein Erdbeben, schlieſst, welches diese Massen gegen die gewöhnliche Regel losgerissen haben müsse, so glaube ich dieser Hypothese nicht beipflichten zu können, vermuthe vielmehr, daſs eine geeignete Witterungsdisposition, namentlich häufige Regen und Schneefälle, die bereits schwimmenden Eismassen ungewöhnlich vergröſsert und daſs eine durch gewisse Windrichtungen bestimmte schnelle Strömung sie an die genannten Orte geführt

habe[1]. Im Ganzen führen diese Thatsachen zu der Folgerung, daſs die mittlere Temperatur der beiden Hemisphären so ungleich nicht sey, als man bisher aus der Entfernung des Polkreises vom Südpole schlieſsen wollte, und überhaupt ergiebt sich aus den neueren Untersuchungen, daſs ein solcher absoluter Unterschied nicht statt finde. Früher fand man den Beweis für denselben hauptsächlich in den Erfahrungen, daſs die Schiffer *ohne* Schwierigkeit alljährlich die Küsten Spitzbergens erreichen, ja sogar bis über den 80sten Breitengrad hinaus gelangen *können* und daſs die Vegetation an den skandinavischen Küsten bis zum 70sten Breitengrade reicht, statt daſs Cook auf der südlichen Halbkugel nicht über den 71sten und Weddel nicht über den 74sten Breitengrad hinausgelangen konnten, allein auch v. Kotzebue kam jenseit der Behringsstraſse nicht über den 67sten Breitengrad hinaus, Parry gelangte wohl nur durch Zufall im americanischen Polarmeere bis über den 74sten Grad hinaus und Ross blieb schon unter 70° N. B. unlösbar im Eise stecken. Die Wärme des Meeres in Island und Spitzbergen ist daher als Ausnahme von der Regel zu betrachten, die durch später zu erörternde Ursachen herbeigeführt wird[2].

γ) Jahreszeiten.

98) Da die Wärme der Orte vorzugsweise von der Einwirkung der Sonnenstrahlen herrührt, die Schiefe der Ekliptik aber eine nach den Polen hin wachsende Ungleichheit der Tageslangen verursacht, so muſs hierdurch eine in verschiedenen Theilen des Jahres ungleiche Wärmeproduction bedingt werden, worauf die bekannte Abtheilung des Winters und Sommers, so wie der vier Jahreszeiten beruht. Auſser dieser allgemeinen Ursache giebt es aber noch verschiedene und zwar zahlreiche, welche den Gang der Temperatur bedingen. Nach Lampadius[3] kann unterschieden werden 1) der immerwährende, nur durch eine oder zwei Regenzeiten unterbro-

1 Vergl. *Meer*, Gefrieren desselben. d. VI. Bd. 1690.

2 Vergl. oben Bodentemperatur. §. 56.

3 Systematischer Grundriſs der Atmosphärologie. Freiberg 1806. 125.

chene Sommer unter dem Aequator; 2) ein Wechsel zwischen Frühling und Sommer in der Nähe der Wendekreise; 3) die vier Jahreszeiten vom 30sten bis 60sten Breitengrade; 4) der Wechsel zwischen Sommer und Winter zwischen dem 60sten und 75sten Breitengrade; 5) immerwährender Winter in der Nähe der Pole. Allein ungeachtet ein solcher Unterschied für einige Gegenden namentlich unter dem Meridiane, welcher über den atlantischen Ocean an der Westküste des alten Continentes hinläuft, statt finden mag, wenn man den allerdings bestehenden Unterschied der jährlichen Temperaturen unter dem 80sten Breitengrade nicht berücksichtigt, so ist dennoch eine solche allgemeine Regel keineswegs thatsächlich begründet. Allerdings sind die Unterschiede der jährlichen Temperaturen in der äquatorischen Zone hauptsächlich auf der See, auf Inseln und Küstenländern nur gering, denn namentlich zu Cumana unter 10° 17′ N. B. beträgt die mittlere Temperatur 27°,5 und die höchste nur 3° mehr; in Havana betragen beide 25°,6 und 7°,7; in Natchez unter 31° 34′ N. B. 18°,2 und 16°,2 und zu Philadelphia unter 40° N. B. sogar 11°,9 und 24°,6, wonach also die Unterschiede mit den Graden der Breite augenfällig wachsen; ja es scheint auch in der That, als ob sie vom Polarkreise an wieder abnehmen, obgleich hierüber nicht hinlängliche Messungen vorhanden sind; allein dennoch wird die Allgemeinheit dieser Regel durch die Zahl und Gröſse der Ausnahmen zu sehr beschränkt. Wucherer[1] schlägt vor, einen natürlichen Sommer vom 6ten Mai bis 22sten September und einen natürlichen Winter vom 2ten November bis 21sten März, jeden von 140 Tagen, und dazwischen Frühling von 45 und Herbst von 40 Tagen anzunehmen, allein hierin liegt zu viel Willkürliches und nicht allgemein Anwendbares, als daſs diese Eintheilung Beifall finden könnte. Allerdings stellen sich die Abtheilungen in gewisse Jahreszeiten nicht für alle Gegenden der Erdoberfläche gleichmäſsig heraus, im Ganzen ist jedoch jetzt die übliche Abtheilung, wonach December, Januar und Februar den Winter, März, April und Mai den Frühling, Juni, Juli und August den Sommer, September, October und November den Herbst

1 Die Sommertemperatur zu Karlsruhe, nach zwanzigjährigen Beobachtungen u. s. w. Karlsr. 1822. 4. S. 52.

en, für den gröfsten Theil der bewohnten Erdoberfläche dem wirklichen Gange der Temperatur am meisten über-ommend und Kämtz[1] hat auch aus der Beschaffenheit der en, die den jährlichen Gang der Wärme unter den ver-densten Breiten ausdrücken, genügend nachgewiesen, dafs Eintheilung der Natur der Sache am angemessensten ist. Obgleich aber die Art der Krümmung dieser Curve der ichen Wärme überall im Allgemeinen gleich ist, wie wir r sehn werden, so ist doch die Gröfse ihrer Krümmung verschiedenen Breitengraden, und, selbst wenn diese h sind, unter verschiedenen Längengraden, bedeutend ver-den. Um dieses durch einige Thatsachen zu beweisen, hne ich vor allen Dingen, dafs nach v. Humboldt[2] die des geringsten Unterschiedes zwischen Winter und Som-mit dem Meridiane des Mont-Blanc zusammenfällt, in-östlich von dieser Grenze die Sommer heifser und die ter kälter werden, überhaupt aber die westlichen Theile grofsen Continente wärmer sind als die östlichen und Unterschiede zwischen Winter und Sommer sich daher auf en Seiten von dieser Linie bedeutender herausstellen. Zu york unter 40° 43′ N. B. ist der Sommer wie in Rom, der Winter in Kopenhagen; zu Quebeck unter 46° 48′ N. B. der Sommer zu Paris, der Winter wie zu Petersburg; zu Peking unter 39° 54′ der Sommer wie zu Paris, der Winter wie zu Upsala. Aller-s fällt fast jeder Unterschied der Jahreszeiten in der Nähe Aequators, insbesondere auf den Inseln und in den Küsten-ern weg, inzwischen fängt doch selbst auf Trinidad, Ta-und der Umgegend zwischen 10° und 12° N. B. die lich gröfsere Hitze im Mai an, erreicht Ende Juni den sten Grad und dauert bis October[3]; zu Seringapatam un-2° 45′ N. B. in 2412 engl. Fufs Höhe war nach Foeso[4] mittlere Temperatur, die Jahreszeiten nach der obigen Be-nung angenommen,

Winter	24°,00;	Frühling	29°,21;	Sommer	24°,56;	Herbst	25°,17
—	21,84	—	27,82	—	24,35	—	23,69

---

1 Meteorologie. Th. I. S. 129.

2 Schön Witterungskunde. S. 69.

3 Dauxion Lavaysse Reise nach Trinidad, Tabago u. d. Marga-a. Ueb. v. Zimmermann. Weim. 1816. S. 58.

4 Edinburgh Journ. of Science. N. X. p. 252.

mit nicht bedeutenden Unterschieden; zu Deihbid dagegen, unter fast 31° N. B. zwischen Ispahan und Persepolis, ist wahrscheinlich wegen des Einflusses der nahen Gebirge und der unbekannten, aber gewifs etliche tausend Fufs betragenden Höhe der Gegend der Winter nach Morier[1] so rauh, dafs die nahen Berge oft wochenlang mit Schnee bedeckt sind und die Reisenden zuweilen 40 Tage lang durch den Schnee aufgehalten werden. Nach v. Humboldt[2] beträgt der Unterschied zwischen den Temperaturen des heifsesten und des kältesten Monats zu Lissabon unter 38° 43′ N. B. bei 36 T. Höhe 11°,56; zu Madrid unter 40° 24′ N. B. bei 340 T. Höhe 19°,7 und zu Rom unter 41° 54′ N. B. bei 21 T. Höhe 19°,5.

99) Bleiben einzelne Anomalieen unberücksichtigt, wovon später einige auffallende Beispiele beigebracht werden sollen, so dürfen wir annehmen, dafs in den Gegenden, welche nach v. Humboldt zur Linie des geringsten Unterschiedes zwischen Winter und Sommer gehören, die angegebenen Jahreszeiten am meisten mit gleichmäfsigem Wechsel und von ungefähr gleichmäfsiger Dauer hervortreten. Weiter östlich von dieser Linie, schon in Oesterreich, Schlesien, Polen, Ungarn bis nach Rufsland hin, dehnt sich der Winter mehr in den Frühling aus, der Sommer mehr in den Herbst, und man könnte geneigt seyn, das Jahr in zwei Abtheilungen zu theilen, Winter und Sommer, wobei dann mit zunehmender geographischer Breite die Dauer des Winters gröfser wird als die des Sommers[3]. Der geringere Unterschied zwischen Winter und Sommer zeigt sich dagegen auffallend in England und Schottland, wo die Schafe den ganzen Winter im Freien bleiben und manche Gewächse ausdauern, die zwischen dem 48sten bis 50sten Breitengrade des Treibhauses bedürfen, ungeachtet die bis an diese Parallele reichenden Nufsbäume, Kastanien und Weinreben dort nicht gedeihen. Selbst auf den Färöer-Inseln unter 61° 26′ bis 62° 25′ N. B. und 6° 7′ bis 7° 43′ W. L. ist der Unterschied zwischen Winter und Sommer nicht

1 Dessen Reisen. Weimar 1814. S. 99.

2 Hertha. Th. IV. S. 21.

3 Am auffallendsten zeigt sich dieses unter dem Meridian von Jakuzk. S. §. 115.

grofs, denn TREVELYAN[1] fand im Mittel aus zwei- und meistens vierjährigen Beobachtungen die mittlere Temperatur des Winters = 3°,91, des Frühlings = 8°,23, des Sommers = 12°,57 und des Herbstes = 6°,86 C. Zu Pyschminsk[2] im Ural dagegen unter 57°. N. B. fängt der Frühling im Mai an, denn z. B. im Jahre 1790 wurden dort die Kohlarten am 16ten Mai gesät, am 11ten Juni schon geblättert, die Gurken blühten am 25sten Juni und waren am 13ten Juli schon reif. Die hohe Sommertemperatur, welche in Ungarn den feurigen Wein erzeugt, macht es in Beresow unter fast 59° N. B. möglich, dafs Korn reift, denn nach ERMAN[3] ist dort die mittlere Wärme des Juni = 17°,5, des Juli = 16°,6 und des August = 19°,75. Aehnliche Temperaturverhältnisse finden sich nach CLARKE[4] im östlichen Rufsland, wo namentlich in Moscau unter 55° 47′ der Winter plötzlich in den Sommer übergeht, denn er fand daselbst am 8ten April noch Schnee, am folgenden Tage fiel Thauwetter ein und an dem hierauf folgenden stieg die Wärme um Mittag im Schatten sogar auf 23° C. Zu Woronesch am Don unter 51° 40′ N. B. steigt die Hitze im Sommer bis 35° C., es reift dort Wein und die Wassermelonen sind so häufig als die Gurken in Deutschland; dennoch aber sind im Winter — 37°,5 keine seltene Erscheinung. Auch dort tritt im December der Winter mit der intensivsten und dauernden Kälte ein, der Sommer dagegen im April sogleich mit grofser Wärme, und später bringt der Südwestwind, eine Art Sirocco, unerträgliche Hitze. Das Asow'sche Meer, im Mittel unter 46° N. B., gefriert alle Winter so, dafs keine Schifffahrt möglich ist und die Verbindung blofs durch Schlitten unterhalten wird, dennoch aber stieg die Wärme in der Cuban'schen Tartarei, gleichfalls unter 46° N. B., oft bis [illegible]°,22 C. In Nordamerica sind die Jahreszeiten überall merklich, es findet jedoch ein gröfserer Unterschied der höchsten und niedrigsten Temperaturen statt, als in Europa, auch ist der Gang der Wärme dort keineswegs ebenso gleichförmig,

1 Edinb. New Phil. Journ. N. XXXV. p. 162.

2 SCHÖN Witterungskunde. S. 73.

3 Reisen. Th. I. S. 603.

4 Reise durch Rufsland und die Tartarei. Weim. 1817. S. 43, 72, 225, 378, 409.

indem als Folge verschiedener Winde zuweilen grofse Wärme mit starker Kälte plötzlich wechselt[1].

100) Nach der Gröfse des Unterschiedes der höchsten und tiefsten Temperatur unterscheidet man die *Klimate* der Orte, und nennt diese beständige, veränderliche und übermäfsige, je nachdem die Wärme das ganze Jahr hindurch fast gleich bleibt oder sich mäfsig oder übermäfsig ändert[2]. Als Bestimmungsgrund hierfür gilt nicht sowohl das absolute Maximum und Minimum der Temperatur, als vielmehr die Wärme des heifsesten und kältesten Monates. Als Beispiele für diese Bezeichnung können folgende Orte dienen.

Orte	Mittlere Temp.	Temp. des Monats heifsesten	Temp. des Monats kältesten	Unterschied
Funchal	20°,3	23°,2	17°,2	6°,0
St. Malo	12,3	19,4	5,4	14,0
Paris	10,6	18,5	2,3	16,2
London	10,2	18,0	2,2	15,8
New-York	12,1	27,1	—3,7	30,8
Peking	12,7	29,1	—4,1	33,2

Hiernach hätte also Funchal ein beständiges Klima (*climat constant*), St. Malo, Paris und London ein veränderliches (*climat variable*), New-York und Peking ein übermäfsiges (*climat excessif*), Brüssel aber, dessen mittlere Temperatur 10°,8 beträgt, die des heifsesten Monates 21°,28 und des kältesten 1°,32 mit einem Unterschiede von 20°,96, würde nach Quetelet ein veränderliches Klima mit Annäherung zum übermäfsigen haben.

101) A. v. Humboldt[3] hat zuerst in gröfserem Umfange die Ursachen aufgesucht, wodurch an den verschiedenen Orten der nördlichen Halbkugel die ungleichen Temperaturen des Sommers und Winters herbeigeführt werden, und zur Bezeich-

1 Vergl. *Klima*. Bd. V. S. 883.

2 Quetelet Mém. sur les Variations diurne et annuelle de la Température. p. 11. Vergl. Pouillet Éléments de Phys. T. II. p. 686.

3 Mém. de la Soc. d'Arcueil. T. III. p. 521.

ung der hieraus entspringenden Folge, dafs nämlich Orte unter verschiedenen Polhöhen gleiche Sommer und wiederum gleiche Winter haben müssen, die Bezeichnungen *Isotheren* (von ἴσος gleich und θέρ der Sommer) und *Isochimenen* (von ἴσος und χεῖμα Winter) eingeführt, Linien, von welchen erstere diejenigen Orte verbinden, an denen ein gleicher Sommer herrscht, letztere aber diejenigen, an denen die mittlere Temperatur des Winters gleich ist. Dieser Gelehrte hat dann aus dem reichen Schatze seiner Kenntnisse eine Menge Thatsachen beigebracht, welche den Lauf dieser Linien zu bezeichnen dienen, Kämtz[1] hat deren Zahl nicht unbedeutend vermehrt, und somit bleibt für mich nur eine spärliche Nachlese übrig, die ich in die nachfolgende Uebersicht einreihe.

102) Aus Gründen, die am Schlusse dieser Untersuchungen angegeben werden sollen, giebt es, abgesehn von dem bereits erwähnten Einflusse, welchen die geographische Breite auf die Schwankungen der jährlichen Temperatur äufsert, drei Hauptstreifen, die sich durch die Unterschiede der Sommer- und Wintertemperaturen auszeichnen, deren einen, die Region des geringeren Unterschiedes, ich unter 0° der Länge setzen möchte, mit einer Erstreckung von etwa 10° westl. bis 20° östl. Länge, den zweiten unter 90° östl. Länge im grofsen asiatischen Continente und den dritten unter 90° westl. Länge in derjenige Gegend, deren Temperaturverhältnisse zum Theil durch die vermuthlich aus Festland bestehende Umgebung der Baffins-Bai bedingt wird, die beiden letzteren mit einer ungefähr gleichen Erstreckung nach beiden Seiten. Aus den von Kämtz mitgetheilten Tabellen der Temperaturverhältnisse, wo die mittleren Temperaturen der verschiedenen Orte als Hauptbestimmungsgrund angenommen sind, könnte man leicht einige Hauptpuncte entnehmen, um die Verhältnisse der mittleren Winter- und Sommertemperaturen in diesen Streifen anschaulich zu machen, ich wähle aber lieber die Eintheilung, wonach ebendieser Gelehrte dieses Verhältnifs in bekannten und interessanten Ländern anschaulich gemacht hat, woraus dann zugleich der Einflufs der benachbarten Meere auf die Küstenländer sichtbar wird. Nehmen wir zuerst diejenigen Orte, welche zu Grofsbritannien gehören, so zeigt sich auf-

[1] Meteorologie. Th. II. S. 59 ff.

fallend ein gröfserer Unterschied der Sommer- und Wintertemperatur, je weiter sie von den Küsten entfernt im Innern des Landes liegen, im Ganzen aber ein weit geringerer, als an Orten, die in grofsen Continenten oder nur an deren Küsten liegen und bei denen daher über grofse Länderstrecken oder von der See herkommende Luftströmungen ihren Einflufs äufsern.

Orte	Breite	Winter	Sommer	Untersch.
Insel Unst	60°42'	4°,05	11°,92	7°,87
Kinfauns Castle	56 23	2,59	13,83	11,24
Edinburgh	55 58	3,40	15,10	11,70
Kendal. . .	54 17	2,03	14,32	12,29
Manchester	53 30	2,81	14,81	12,00
Oxford . . .	51 46	3,55	15,56	12,01
London . .	51 31	3,22	16,75	13,53
Gosport . .	50 48	4,84	17,48	12,64
Penzanze .	50 11	7,04	15,83	8,79

Grofsbritannien, vom Meere ganz umschlossen und der angegebenen Linie des geringsten Unterschiedes am nächsten liegend, hat gelinde Winter und kühle Sommer. Wie dieses nothwendig durch die feuchten Seewinde bewirkt werden müsse, ergiebt sich leicht, wenn wir die Temperaturen des Sommers und Winters hiermit vergleichen, welche Hamilton[1] auf dem atlantischen Ocean zwischen 15° und 45° westl. Länge v. G. beobachtete.

Breite	Winter	Sommer	Untersch.	Breite	Winter	Sommer	Untersch.
50°	11°,21	15°,00	3°,79	43°	11°,27	18°,10	6°,83
49	12,88	14,60	1,72	42	12,94	18,10	5,16
48	10,16	15,13	4,97	41	13,22	19,22	6,00
47	11,67	15,56	3,89	40	15,69	21,80	6,11
46	11,67	15,56	3,89	39	11,89	18,89	7,00
45	12,56	15,13	2,57	38	10,56	19,44	8,88
44	13,11	16,94	3,83				

Man vermifst in dieser Zusammenstellung sogar die Regelmäfsigkeit des Fortganges bei der Abnahme der Polhöhen

1 Transactions of the Amer. Philos. Soc. New Ser. T. II. p. 1??.

ws leicht zu entschuldigen ist, wenn man berücksichtigt, dafs die Zahl der Beobachtungen auf der See nicht wohl so grofs seyn kann, als auf dem Lande, mithin die erhaltenen Mittel auf den erforderlichen Grad der Genauigkeit keinen Anspruch haben können; dennoch aber leuchtet im Allgemeinen ler geringe Unterschied zwischen der Wärme des Sommers nd Winters deutlich hervor, zugleich aber der bedeutende Einflufs, welchen die verschiedenen Meeresströmungen auf die Wärme der Luft über ihnen haben, und endlich die verhältnifsmäfsig grofse Wärme dieser Gegenden.

Skandinavien unterliegt dem Einflusse der Luftströmungen, le bald vom atlantischen Meere, bald vom Nordpole, bald om grofsen asiatischen Continente, bald von Africa über Europa herkommen; jenachdem die einen oder die andern vorherrschen und das Uebergewicht haben, wird daher der Unterschied der Sommer- und Wintertemperatur gröfser werden. Kämtz giebt, um dieses anschaulich zu machen, folgende Zusammenstellung.

Orte	Breite	Winter	Sommer	Untersch.
Nordcap	71° 10′	−4°,63	6°,38	11°,01
Enontekis	68 30	−17,59	12,80	30,39
Ulea . . .	65 0	−11,15	14,34	25,49
Umea . .	63 50	−10,46	14,19	24,65
Drontheim	63 26	− 4,78	16,33	21,11
Söndmör .	62 30	− 2,72	13,35	16,07
Bergen . .	60 24	2,20	14,76	12,56
Ullensvang	60 20	− 0,07	15,61	15,68
Christiania	59 55	− 3,66	15,78	19,44
Upsala . .	59 52	− 4,14	15,79	19,93
Spydberg	59 38	−10,46	17,16	27,62
Stockholm	59 21	− 3,67	16,30	19,97

Al. v. Humboldt hat den Einflufs des benachbarten eres auf die jährlichen Oscillationen der Temperatur an einen Orten der Niederlande nachgewiesen, Kämtz aber zur teren Vergleichung noch einige Orte aus dem Innern Frankreichs hinzugenommen, wie die folgende Tabelle zeigt.

Orte	Breite	Winter	Sommer	Untersch.
Franeker	52°36'	2°,56	19°,57	17°,01
Amsterdam . .	52 22	2,67	18,79	16,12
Haag	52 3	3,46	18,63	15,17
Middelburg . .	51 30	1,92	16,92	15,00
Dünkirchen . .	51 2	3,56	17,68	14,12
Brüssel	50 51	2,56	19,01	16,45
Montmorenci . .	49 0	3,21	18,96	15,75
Paris	48 50	3,59	18,01	14,42
Denainvilliers .	48 12	2,85	19,32	16,47
Rochelle	46 9	4,78	19,22	14,44
Clermont Ferrand	45 47	1,50	18,01	16,51
Marseille . . .	43 18	7,35	22,74	15,39

Deutschland unterliegt zwar noch dem Einflusse der vom atlantischen Meere herkommenden West- und Nordwestwinde, welche ihm die meisten Regen bringen, zugleich aber ist es den warmen Süd- und Westwinden und noch mehr den Nordostwinden ausgesetzt, welche, von beeisten Flächen oder in mehr östlicher Richtung von ausgedehnten Länderstrecken herzuströmend, abwechselnd Wärme, Kälte, Feuchtigkeit und Trockenheit bringen. Beim weitern Fortschreiten nach Osten entfernt man sich mehr von der Linie des geringsten Unterschiedes zwischen Winter und Sommer und nähert sich mehr der des gröſsten, weswegen in Berlin, Wien und noch mehr in Ungarn heiſse Sommer mit kalten Wintern wechseln, noch mehr aber zeigt sich dieses klimatische Verhältniſs im europäischen Ruſsland, so daſs selbst Petersburg durch die Nähe des baltischen Meeres hiergegen nicht geschützt wird, wie Kämtz durch folgende Uebersicht nachweist.

Orte	Breite	Winter	Sommer	Untersch.
Cuxhaven .	53°52′	0°,51	16°,76	16°,25
Hamburg . .	53 33	0,40	18,96	18,56
Frankfurt a. M.	50 7	1,42	18,27	16,85
Würzburg .	49 46	0,71	20,04	19,33
Carlsruhe . .	48 59	1,97	18,74	16,77
Regensburg	49 1	—0,75	20,50	21,25
Stuttgart . .	48 46	1,19	18,73	17,54
Tübingen . .	48 31	—0,02	17,01	17,03
Tegernsee .	48 10	—1,24	16,15	17,39
Zürich . . .	47 23	—0,92	17,86	18,78
Chur	46 50	0,10	17,45	17,35
Genf	46 12	0,75	18,94	18,19
Bern	46 57	—1,46	14,88	16,34
Prag	50 5	—0,44	19,93	20,37
Berlin	52 31	—1,19	17,43	18,62
Wien	48 12	0,18	20,36	20,18
Ofen	47 30	—0,41	21,17	21,58
Petersburg .	59 56	—9,03	16,02	25,05

Je mehr man sich den beiden Strecken nähert, die von genannten des geringsten Unterschiedes östlich und west- etwa 90° entfernt sind, desto gröſser werden diese Unchiede, indem zugleich mit höheren Breiten die Strenge Winter wächst. Ueber die östliche Strecke ist es mir jeh unmöglich, mehr als einige wenige genaue Beweise hieraufzufinden, inzwischen kündigt sich dieser allgemeine Chaer schon in der Gegend des Ural an, weswegen ich Ka-, Slatoust und Barnaul mit aufnehme, die übrigen Orte liemehr in der genannten Strecke.

Orte	Breite	Winter	Sommer	Untersch.
Barnaul . . .	53° 20′	—14°,11	16°,57	30°,68
Slatoust . . .	55 8	— 16,49	16,08	32,57
Kasan	55 48	— 12,29	18,32	30,61
Bombay . . .	18 58	24,65	27,90	3,25
Chunar . . .	25 9	16,24	31,00	14,76
Peking . . .	39 54	— 0,70	30,00	30,70
Irkuzk . . .	52 17	— 8,66	16,63	25,29
Jakuzk . . .	62 2	— 36,00	17,22	53,22

höhere Temperatur der westlich liegenden Strecke. Man übersieht die Sache am besten durch die Zusammenstellung der monatlichen Mittel.

Monat	Westküste Matotschkin-Schar	Südostspitze	Monat	Westküste Matotschkin-Schar	Südostspitze
Januar	—15°,40	—19°,38	Juli	4°,42	2°,39
Februar	— 22,08	— 17,72	August	4,96	3,06
März	— 15,30	— 23,72	Septemb.	— 0,51	— 1,10
April	— 13,19	— 16,04	October	— 5,41	— 6,52
Mai	— 6,81	— 8,05	Novemb.	—12,92	—15,98
Juni	— 1,43	0,52	December	—19,68	—10,87

Hieraus ergiebt sich also für beide genannte Puncte:

Orte	Breite	Winter	Sommer	Untersch.
Matotschkin - Schar	73° 12′	—19°,05	3°,60	22,65
Südostspitze . . .	70° 37′	— 15,99	1,99	17,98

Die Unterschiede sind hier geringer als im nordamericanischen Polarmeere, was als Folge der Nähe des wärmern Meeres im Westen zu betrachten scheint. Zu berücksichtigen ist hierbei aber die große Kälte des März, die zwar als Ausnahme für dieses besondere Jahr gelten könnte, aber zugleich mit der Regel zusammenfällt, die Brandes[1] für die nördlichen Länder, namentlich für Petersburg aufgefunden hat, wonach dort die gröſste Kälte in den Anfang des März fällt und nach Baer der Anfang des Winters mit dem Januar beginnt. Dann wären für die Südostspitze die mittleren Temperaturen des Winters und Sommers = — 20°,27 und 1°,47, also der Unterschied = 21°,74 C. Wenn aber endlich unter wenig verschiedenen Breiten und nicht sehr weit von einander entfernt liegende Orte ungleiche Unterschiede der Winter- und Sommertemperaturen zeigen, so kann der Grund hiervon in einigen Fällen wohl darin liegen, daſs aus jenen Gegenden genaue und hinlänglich lange fortgesetzte Beobachtungen schwer zu erhalten sind[2], meistens ist derselbe jedoch in ör-

1 Beiträge zur Witterungskunde. S. 13.

2 Die Nachweisung der Quellen, aus denen die Gröſsenbestim-

hen Bedingungen zu suchen, die hierauf einen sehr bedeu-
den Einfluſs ausüben können. So mag vielleicht der ge-
ge Unterschied zu Fort Brady eine Folge des benachbarten
ren Sees seyn, doch können auch geringere Ursachen mit-
ter einen merkbaren Einfluſs ausüben, wie sich namentlich
ra zeigt, daſs der nur zwei Meilen betragenden Entfernung
achtet Mannheim heiſsere Sommer und kältere Winter
, als Heidelberg, weil letztere in einem von drei Seiten
hlossenen Thale liegende Stadt gegen die heiſsen und kal-
Winde geschützt ist. Zu Mannheim beträgt der Unter-
ied zwischen Winter und Sommer 18°,05, zu Heidelberg
r, obendrein aus den letzten 18 Jahren, worin vorzugs-
se mehrere heiſse Sommer und kalte Winter begriffen sind,
,84.

103) Kämtz[1] meint, es sey wegen des noch zur Zeit
rrschenden Mangels an Beobachtungen unmöglich, die Iso-
eren und Isotheren mit hinlänglicher Genauigkeit zu zeich-
, da zur Bestimmung der mittleren Temperatur irgend ei-
Jahreszeit eine längere Reihe von Messungen erforderlich
, als für die mittlere des ganzen Jahres. Dieses ist aller-
s vollkommen richtig, allein von der andern Seite ist es
ht interessant, das Verhalten der Temperatur des Win-
sowohl als auch des Sommers an den verschiedenen Or-
der Erde in graphischer Darstellung überblicken zu kön-
, so daſs man aus dieser Ursache die zurückbleibende Un-
ißheit und einige unvermeidliche Unrichtigkeiten ebenso
entschuldigen wird, als dieses bei der Bestimmung die-
Gröſsen durch Zahlen geschehn muſs. Deswegen habe ich
n Anstand genommen, beide Arten Linien der nördli-
Halbkugel auf der den Kupfertafeln beiliegenden Charte
eichnen, indem ich die nicht geringe Anzahl der hierzu
derlichen Bestimmungen, die Al. v. Humboldt und
tz aufgefunden haben, benutzte und um einige neuer-
s bekannt gewordene vermehrte. Da, wo die bekannten
achen nicht genügen, muſste die Beugung der Curven

---

en entnommen sind, habe ich der Kürze wegen weggelassen und
se deswegen auf die unten folgende Tabelle der mittleren Tem-
uren.

[1] Meteorologie Th. II. S. 68.

. Bd. Ff

nach Wahrscheinlichkeitsgründen ergänzt werden. Sollten die Isotheren und Isochimenen die Gleichheit der Sommer und Winter ganz genau angeben, so könnten sie gar nicht regelmäſsig gekrümmt seyn, denn da, wie gezeigt worden ist, selbst nahe gelegene Orte durch specielle Einflüsse merklich abweichende Temperaturen dieser Jahreszeiten zeigen, so müſsten die Linien zuweilen im Zickzack fortlaufen, was sich in so kleiner Dimension gar nicht ausdrücken läſst, und man muſs daher diese Unregelmäſsigkeiten möglichst auszugleichen suchen.

104) Wie die täglichen und monatlichen Temperaturen nicht stets gleich sind, sondern bedeutende Schwankungen zeigen, welche durch die Vereinigung einer gröſseren Zahl ausgeglichen werden, wenn man die mittlere finden will, ebenso ist dieses auch bei den Temperaturen des Winters und des Sommers der Fall. Länger anhaltende Beobachtungen führen noch auſserdem zu dem interessanten Resultate, daſs nicht bloſs an den nämlichen Orten ungleich kalte Winter und mehr oder weniger warme Sommer statt finden, sondern daſs sich auf der einen Seite kein regelmäſsiges Gesetz dieser Folge auffinden läſst, indem oft zwei und mehr kalte Winter und warme Sommer auf einander folgen, die mit einem oder mehreren gelinden Wintern und kühlen Sommern wechseln, daſs auf der andern Seite aber meistens gröſsere Theile der Erdoberfläche diesen Unregelmäſsigkeiten unterworfen sind, insofern in gewissen Länderstrecken die Wärme überwiegend ist, während weit entfernte eine ebenso ungewöhnliche Kälte zeigen, ja daſs dieser Unterschied sich sogar über beide Erdhälften ausdehnt. Um diese Sätze durch einige sprechende Beweise zu belegen, mögen folgende Beispiele dienen.

Der Frühling des Jahres 1837, welcher nach einem ungewöhnlich früh beginnenden Winter mit vielfachen Abwechselungen und ohne die gewöhnliche Wärme des Februars und Märzes im südlichen und nördlichen Deutschland um Ostern nochmals bleibenden Schnee in übergroſser Menge gab, mit dem Gegensatze des gelinden Winters von 1833 auf 1834, als im Januar die Mandeln blühten, ist noch als auffallende Abweichung von der Regel in frischem Andenken. Ebenso hatte das Jahr 1829 ein sehr kaltes Frühjahr[1], denn For-

1 Annals of Philos. 1829. Sept.

man fand zu Lüttich am 8ten Juni des Morgens Eis auf dem Wasser und das Thermometer kam am Tage nicht über 14°,44 C. Im Jahre 1835 zeigte sich plötzlich am Ende des Juni und Anfang des Juli der Eintritt einer ungewöhnlichen Kälte in Frankreich, denn zu Bourbon und in der Auvergne waren die Berge mit Schnee bedeckt und die Ebenen alle Morgen mit Reif[1]. Am 21sten Juli 1832 ging die Temperatur im südlichen Deutschland nach einer drückenden Hitze in Folge eines heftigen Gewitters so tief herab, dafs nach amtlichen Berichten[2] in einigen höheren Gegenden des Schwarzwaldes und der Würtembergischen Früchte und Kartoffeln erfroren; jedoch zeigte sich dieses nur in Thälern und Niederungen, nicht auf den Bergspitzen. Weit mehr, als der Winter von 1833 auf 34 von der gewöhnlichen Regel durch unerwartete Gelindigkeit abwich, mufs dieses im Jahre 1186 der Fall gewesen sein, denn Martin Crusius[3] sagt in der schwäbischen Chronik: „Der Winter war warm, und als im Januar des folgenden Jahres die Bäume schon blühten, so waren die Aepfel im Februar schon so grofs als die Haselnüsse oder Vogelkirschen. Im Mai war Ernte und im August Weinlese, aber das folgende Jahr war alles Widerspiel." Steinhofer in der würtembergischen Chronik sagt von 1289: „Es war ein warmer Winter, dafs nicht ein einziger Schnee vermerkt wurde; um Weihnachten grüneten die Bäume, im Hornung hatte man zeitige Erdbeer, im April hatte man blühende Trauben gefunden, aber zu Anfang des Maien ist wider alles Verhoffen erst ein Schnee gefallen und so kalt worden, dafs die Weinberge, hohe und niedere, sammt dem Obst erfroren. Weil es aber so früh war, haben die Weingärten wieder ausgeschlagen und Wein gegeben." Ebenderselbe sagt im Jahre 1420: „Es ist ein so warmer Winter gewesen, dafs den 20sten März die Bäume ausgeschlagen, im April die Reben geblüht, um Pfingsten Ernte, um Bartholomä Herbst gewesen." Von 1421 bis 1429 waren stets gelinde Winter und reiche Ernten, so dafs Alles im Ueberflufs vorhanden

---

1 L'Institut 1835. N. 117. p. 256.

2 Correspondenzblatt des würtemberg. landwirthschaftl. Vereins. Th. II. S. 142.

3 Frankf. Zeitung 1834. N. 16.

war, woraus in Uebereinstimmung mit andern Erfahrungen hervorgeht, dafs eine gewisse Temperaturdisposition längere Zeit anhalten kann. Auch aus Schottland wird bemerkt[1], was in Beziehung auf die Bestimmung des Maximums und Minimums der Temperatur an den verschiedenen Orten der Beachtung werth ist, dafs der Winter von 1825 auf 1826 sich durch ungewöhnliche Kälte, so wie der Sommer 1826 durch grofse Hitze ausgezeichnet habe, welches Letztere auch in Deutschland der Fall war, wo jedoch der Winter von 1826 auf 1827 sich ungewöhnlich kalt zeigte. Fünf engl. Meilen von Edinburg 400 F. über der Meeresfläche war die gröfste Kälte am 16ten Januar Morgens 8 Uhr = — 9°,04. Dr. Orpen erhielt zu Dublin das Minimum an diesem Tage um 10 Uhr Abends = — 3°,89, der Earl Spencer zu Althorp in Northumberland dagegen zu Northamptonshire am 15ten und 16ten = — 13°,33 und Grant zu Invernefs-shire am 14ten um Mitternacht = — 21°,11 und am 15ten = — 20°,55. Gleich ungewöhnlich war die Sommerwärme im Jahre 1826. Am 24sten Juni wurde unweit Edinburg um 2 Uhr 40 Minuten 27°,78 C. und am 25sten sogar 32°,32 und am 26sten um 3 Uhr Nachmittags 29°,0 beobachtet, welche Bestimmung gewifs richtig ist, wenn auch bei der des vorhergehenden Tages sich eine Unrichtigkeit eingeschlichen haben sollte. Auch im Jahre 1823 beobachtete Grant[2] zu Doune in Invernefsshire am 5ten und 6ten Febr. eine ungewöhnliche Kälte, die am 6ten Nachmittags bis — 26°,11 herabging, also tiefer als im Jahre 1780, wo der tiefste Thermometerstand — 25°,55 C betrug. Die Kälte war übrigens damals nicht im strengsten Sinne örtlich, denn auch zu Edinburg sank das Thermometer bis — 11°. Der Winter von 1829 auf 1830, welcher im südwestlichen Europa so streng war, dafs namentlich hier in Heidelberg die mittlere Temperatur aus Beobachtungen um 9 und 9 Uhr — 5°,18 betrug, statt dafs die aus 18 Jahren = 0°,811 ist, als der Bodensee zum ersten Male nach der Erinnerung der noch lebenden ältesten Menschen gänzlich zugefroren war[3] und man sich in Spanien gegen die strenge Kälte

1 Edinb. Journ. of Science N. X. p. 240.
2 Edinburgh Philos. Journ. N. XVI. p. 397.
3 Im verflossenen Winter von 1837 auf 38 verleitete nichts ...

icht zu schützen wufste, ebendieser Winter war in Nord-
merica sehr gelinde, denn namentlich zu Boston war die
ittlere Temperatur des December = 5°,27, des Januar = 0°,83
d des Februar = 2°,49, also im Mittel = 2°,86 C., und vom
ten Dec. 1829 bis 1sten April 1830 waren nur 3 Tage ohne
nnenschein[1]. Völlig im Gegensatze hiermit war der Win-
r von 1834 auf 1835 in Deutschland und mindestens dem
ßten Theile von Europa ein gelinder, in Nordamerica aber
n sehr strenger, denn es wurden namentlich am 4ten und
n Januar 1835 an folgenden sowohl im Innern, als auch
den Küsten gelegenen Orten die nebenstehenden unge-
hnlichen Kältegrade nach dem hunderttheiligen Thermometer
obachtet[2].

Hafen-Orte	Breite	Temp.	Orte im Innern	Breite	Temp.
rtsmouth .	43° 0′	—28°,9	Montreal . .	45°30′	—37°,2
lem	42 33	— 27,2	Bangar . . .	45 0	— 40,0
ston	42 20	— 26,1	Mompellier .	44 30	— 40,0
-Haven	41 20	— 30,5	Rutland . . .	43 30	— 34,4
-York .	40 42	— 20,5	Franconia . .	43 30	— 40,0
delphia	39 57	— 20,0	Windsor . .	43 24	— 36,7
more . .	39 15	— 23,3	Concord . . .	43 15	— 37,2
shington .	38 52	— 26,6	Newport . . .	43 0	— 40,0
rlestown .	32 45	— 17,8	Saratoga . . .	43 0	— 36,1
tford . . .	41 46	— 31,6	Albany . . .	42 39	— 35,6
co	43 31	— 33,3	Pittsfield . . .	42 30	— 36,1
sbro (New-Jersey) . .	-- --	— 35,5			

Einen noch auffallendern Gegensatz bietet der Winter von
1 auf 1822, welcher in ganz Deutschland sehr gelinde war
ebenso im hohen Norden, indem sogar Petersburg und
st Tobolsk kaum zwei Monate anhaltende Kälte hatten.
egen war es in Südamerica unausstehlich kalt, und am
en Febr. fiel Schnee in Buenos-Ayres, so dafs die Com-

eren des Bodensees; dagegen gefror der Laacher See bei Bonn,
nach der Erinnerung der ältesten Personen früher nie der Fall

1 Schumacher astron. Nachrichten 1830. N. 187.
2 Ann. de Chim. et Phys. T. LXI. p. 109. Vergl. l'Institut 1835.

munication mit Lima fast gänzlich aufgehoben war[1]. Der Winter 1835 auf 1836 war im südlichen Deutschland sehr gelind, im europäischen Rufsland dagegen streng[2], namentlich zeigte das Thermometer zu Petersburg im Januar fünf Tage lang — 25° C., einmal sogar — 32° C. und zu Moscau — 43°,75.

105) Die oben aufgestellte Behauptung, dafs die Reihenfolge der vorzüglich kalten oder gelinden Winter, so wie der ausgezeichnet heifsen oder kühlen Sommer durchaus kein regelmäfsiges Gesetz darbiete, läfst sich leicht beweisen, ja die Erfahrung eines jeden Einzelnen, welcher diesen Wechsel eine längere Reihe von Jahren hindurch nur oberflächlich beachtet hat, führt unwidersprechlich zu diesem Resultate. So leicht es jedoch gegenwärtig ist, die Grade der Hitze und Kälte, welche auffallend über die gewöhnlichen hinausgehn, und die Dauer solcher ausgezeichneten Perioden aus den Angaben der Beobachter durch die Zeitschriften kennen zu lernen, ebenso schwer ist dieses für ältere Zeiten, in denen die Chronikenschreiber nur im Allgemeinen und ohne nähere Bestimmung von grofser Kälte oder Hitze reden. Zuweilen führen sie jedoch Thatsachen an, aus denen sich mit grofser Sicherheit auf den Grad der Intensität beider und mindestens ungefähr auf die Dauer solcher ungewöhnlichen Erscheinungen schliefsen läfst. Dahin rechne ich die Angaben über das Gefrieren solcher Meere, bei denen dieses in der Regel der Fall nicht zu seyn pflegt[3]. So wird berichtet, dafs im Jahre 1261 und 1292 das Cattegat zwischen Norwegen und Jütland mit Eis bedeckt gewesen sey, im Jahre 1323 reiste man auf dem Eise von Lübeck nach Preufsen und Dänemark, zu welchem Behufe Herbergen zum Uebernachten angelegt waren. Ebendieses war der Fall in den Jahren 1399, 1423 und 1460, als man von Dänemark nach Schweden über das Eis ging, aber 1548 war die Eisdecke nicht vollständig, wohl aber zwischen Rostock und Dänemark, zwischen Fünen und Seeland. Im Jahre 1408 gingen die Wölfe von Norwegen nach Dänemark über das Eis, im Jahre 1658 aber führte Carl XII. seine Ar-

1 Biblioth. univ. T. XX. p. 108.
2 Biblioth. univ. Nouv. Sér. 1836. T. I. p. 160.
3 Vergl. Brugnatelli Giornale di Fis. 1820. p. 440.

über den kleinen Belt von Holstein nach Dänemark, und war sogar auch der grofse Belt gefroren. Im Jahre 1709, ies wegen des strengen Winters allgemein bekannt ist, das Eis so weit von der Küste ausgedehnt, dafs man von höchsten Thürmen herab das Ende nicht sehn konnte, im 1726 ging man von Kopenhagen über das Eis nach Scho- in dem sehr kalten Winter von 1740 ist aber nicht be- t, wie weit sich die Eisdecke erstreckt habe, und über- t scheint in der letzten Hälfte des vorigen und in die- Jahrhundert ein so hoher Grad der Kälte dort nicht statt iden zu haben; jedoch war 1784 und 1785 der kleine wieder gefroren. Im Winter von 1788 und 1789, des- ältere jetzt lebende Personen sich noch erinnern, welcher nicht sowohl durch einzelne ungewöhnlich niedrige Tem- tur, als vielmehr durch die aufserordentliche Dauer der gen Kälte auszeichnete, die im nördlichen Deutschland 27sten November anfing und mit einer Unterbrechung von drei Tagen um Weihnachten bis ans Ende des Märzes mit grofser Intensität dauerte, scheint die Ostsee nicht eutend mit Eis bedeckt gewesen zu seyn. Diesem gemäfs mufs verflossene Winter 1837 auf 38 für jene Gegenden den kältesten, wir seit Jahrhunderten erlebt haben, beigezählt werden, nach öffentlichen Blättern mehrere Wochen lang eine selbst den Handel und zu Vergnügungsreisen benutzte Verbindung schen Dänemark und Schweden statt fand und die Ostsee vielen Stellen bis weit von der Küste mit Eis bedeckt . Nach Zonaras und Kantemir war namentlich im Jahre 0 das schwarze Meer gefroren, früher, im Jahre 401, war ganz mit Eis bedeckt, ebenso im Jahre 763, als dieses so- bei einem Theile der Dardanellen der Fall war, und im e 1621, als ein Theil des Hellespontes gefror. In den Jahren und 1234 erlaubte die Eisdecke auf dem adriatischen Meere Waaren von Venedig über dieselbe nach der dalmatischen te zu transportiren, im Jahre 1594 gefror das Meer bei Ve- ig, im Winter 1621 auf 1622 umschlofs das Eis die Flotte Venedig und im Winter 1709, dessen Kälte vorzüglich südlichen Deutschland und Italien ungewöhnlich streng 'esen seyn mufs, soll das adriatische Meer ganz mit Eis eckt gewesen seyn. Damals ging, namentlich im Januar, Thermometer zu Paris mehrmals bis — 19° C. herab und

die Kälte dauerte so lange, dafs es im März noch oft fror und viele Fruchtbäume abstarben[1]. Ebenso kam daselbst[2] im Winter 1740 das Thermometer vom 1. Januar bis zum 9. März nie auf 0°, die gröfste Kälte aber war am 10. Januar und 25. Februar = — 12°,5, aber am 5. März betrug sie noch — 8° C. Im Jahre 1081 soll, als seltene Erscheinung, auch der Po gefroren gewesen seyn[3].

Es scheint, als habe man in früheren Zeiten mehr die ungewöhnlich kalten Winter, als die heifsen Sommer beachtet, vermuthlich weil jene dem Menschen unangenehmer sind und gröfseren Schaden herbeiführen, als diese. Aus diesem Grunde ist die Zahl der kalten Winter, die ich durch Bugnatelli[4], Cotte[5], Pinoré[6], Gay-Lussac[7] und Andere[8] zusammengestellt finde, weit gröfser, als die der heifsen Sommer. Als durch Winterkälte ausgezeichnete Jahre werden genannt: 400, 462, 545, 763, 800, 822, 829, 860, 874, 891, 991, 1001, 1044, 1067, 1124, 1133, 1179, 1209 auf 10, 1216, 1234, 1236, 1261, 1272, 1281, 1292; 1302, 1305, 1316, 1323, 1334, 1339, 1344, 1354, 1358, 1361, 1364, 1392, 1399 auf 1400, 1408, 1420, 1423, 1432 auf 33 und 1433 auf 34, 1438 auf 39, 1460, 1468, 1470, 1473, 1480, 1493, 1507, 1513, 1522, 1544, 1548, 1551, 1564 auf 65, 1568, 1570 auf 71, 1576, 1579, 1586, 1593 auf 94, 1602 auf 3, 1608, 1615, 1621 auf 22, 1624, 1632, 1638, 1647, 1655 auf 56, 1657 auf 58, 1662 auf 63, 1666, 1670, 1676, 1683 auf 84, 1691, 1695, 1697, 1699, 1702, 1709, 1716, 1726, 1729, 1731, 1740, 1744, 1754 auf 55, 1767, 1771, 1776, 1784 auf 85, 1788 auf 89, 1790, 1799, 1800, 1809, 1812, 1826 auf 27 und 1829 auf 30. Nach dieser grofsen Zahl müssen wir annehmen, dafs kalte Winter in kürzeren Zeiträumen auf einander folgten, oder dafs man es mit

1 Hist. de l'Acad. 1710. p. 140 u. 141.

2 Hist. de l'Acad. 1740. p. 547.

3 Muratori. T. V. p. 119.

4 Giornale di Fisica. 1820. p. 440. Pilgram, Pfaff und Andere sind von ihm benutzt worden.

5 Journ. de Physique T. XLVIII. p. 273.

6 Mém. de l'Acad. 1789. p. 514.

7 Ann. de Chim. et Phys. T. XXVII. p. 408.

8 Allgem. Lit. Zeit. 1824. N. 245. Essay chronologique sur les hivers les plus rigoureux par G. P. Par. 1821. Hemmc Tafereel van harde Winters. Amst. 1784. 8.

er Bestimmung ungewöhnlicher Kältegrade so genau nicht ahm, als wir es jetzt zu thun pflegen, so dafs Winter als aus- zeichnet kalt genannt wurden, die wir jetzt als mittlere oder wöhnlich kalte bezeichnen würden. Um hierfür eine min- stens annähernde Bestimmung zu erhalten, setze ich die von Corte[1] im vorigen Jahrhundert als kalt genannten Winter mit der zu Paris beobachteten gröfsten Kälte her.

Jahre	Gröfste Kälte	Jahre	Gröfste Kälte	Jahre	Gröfste Kälte
1709	—18°,75	1753	—13°,38	1771	—13°,75
1716	— 19,62	1754	— 15,62	1776	— 20,40
1729	— 15,22	1755	— 15,62	1783	— 17,55
1740	— 12,50	1757	— 13,00	1786	— 12,75
1742	— 16,45	1758	— 15,00	1788	— 21,25
1747	— 15,87	1763	— 12,50	1795	— 20,62
1748	— 15,22	1766	— 12,50	1798	— 17,60
1751	— 12,5	1768	— 17,50	1799	— 12,50

Als heifse Sommer werden folgende genannt: 763, 860, [illegible], 994, 1000, 1022, 1130, 1159, 1171, 1232, 1260, 1276, [illegible], 1293, 1294, 1303, 1304, 1393, 1394, 1447, 1473, 1474, [illegible], 1503, 1532, 1534, 1540, 1541, 1556, 1556, 1568, 1615, [illegible], 1646, 1652, 1660, 1700, 1718, 1723, 1724, 1745, 1748, [illegible], 1760, 1763, 1771, 1774, 1778, 1780, 1781, 1783, 1787, [illegible], 1792, 1793, 1794, 1797, 1798, 1800, 1807, 1811, 1819, [illegible], 1834.

In Beziehung auf den Mafsstab, wonach die Gröfse der [illegible] zu bestimmen ist, die einen heifsen Sommer bezeichnet, [illegible] der ältere DE LUC[2] aus der letzten Hälfte des vorigen Jahrhunderts die zu Genf in sogenannten heifsen Sommern beobachteten höchsten Temperaturen und die Tage, an denen [illegible] statt fanden, in Graden der hunderttheiligen Scale.

---

[1] Eine ähnliche Tabelle, mit wenig hiervon abweichenden Be- stimmungen, giebt ARAGO in Ann. de Chim. et Phys. T. XXVII. p. 415. Man findet daselbst auch die Angabe der ununterbrochenen Dauer des Frostes. Diese betrug im Jahre 1776 nur 25 Tage, im Jahre 1783 aber 69 Tage, im Jahre 1795 wieder 42 Tage und 1798 endlich 32 Tage; der Winter 1788 scheint also nicht beachtet worden, oder in Paris nicht so anhaltend gewesen zu seyn, als im nördlichen Deutschland.

[2] Verhandlungen der Schweizer Gesellschaft. Jahrg. XIII. 1828.

Jahre	Tage	Temp.	Jahre	Tage	Temp.
1771	27. Juli	33°,75	1793	17. Juli	36°,87
1780	31. Juli	35,25	1794	23. Juli	35,00
1781	31. Mai	28,75	1797	20. Juli	32,50
1787	12. Aug.	33,75	1798	4. Aug.	33,25
1791	1. Aug.	33,75	1800	19. Aug.	35,00
1792	19. Juli	32,50	...		

Für Paris theilt Arago[1] die in den heifsen Jahren beobachteten Maxima mit:

Jahre	Tage	Temp.	Jahre	Tage	Temp.
1705	6. Aug.	33°,8	1793	16. Juli	37°,3
1706	8. Aug.	35,3	1800	18. Aug.	35,5
1753	7. Juli	35,6	1802	8. Aug.	36,4
1754	14. Juli	35,0	1803	— —	36,7
1775	— —	34,7	1808	15. Juli	36,2
1793	8. Juli	38,4	1818	24. Juli	34,5

δ) Absolute Maxima und Minima.

Es sind bereits die täglichen und monatlichen Schwankungen der Temperatur erwähnt worden, die jährlichen Maxima und Minima haben aber noch höheres Interesse, insofern sie zeigen, welchem Wechsel von Wärme und Kälte manche Gegenden ausgesetzt sind. Aus dieser Ursache scheint es mir der Mühe werth, in der unten folgenden Tabelle der mittleren Temperaturen auch die Maxima und Minima bei denjenigen Orten, wo sie bekannt sind, hinzuzusetzen; hier mögen jedoch erst einige allgemeine Bemerkungen und Angaben zunächst von solchen Orten vorausgehen, deren mittlere Temperaturen wir noch nicht kennen oder bei denen die jährlichen Variationen ausnehmend grofs sind.

106) Man nimmt fast allgemein an, dafs die jährlichen Schwankungen der Temperatur in der äquatorischen Zone sehr klein sind, unter höheren Breiten in der Nähe des Polarkreises ihr Maximum erreichen und jenseit dieser Linie wieder abnehmen. Dieses ist allerdings richtig, so lange man sich auf das Verhalten der Wärme über dem Meere, auf Inseln und an Küsten bezieht, sobald man aber das Innere grofser Continente

1 Ann. Chim. et Phys. T. XXVII. p. 416. Vergl. Cotte über die heifsen Sommer in Mém. de l'Inst. T. IV. p. 838.

cksichtigt, dürfte eher die Behauptung gelten, dafs die ima und Minima überall ziemlich nahe einen gleichen Ab- d von einander haben. Es ist erforderlich, dieses durch ge sprechende Beispiele zu beweisen, leider aber fehlt es an Beobachtungen aus dem Innern von Africa und Asien, lange genug fortgesetzt wären, um hierüber entscheiden können, viele Theile von America und auch die südlich- Spitzen von Asien unter niederen Breiten sind aber zu insularisch und Küstenländer, als dafs von ihnen eine scheidung zu erwarten wäre. Ueberhaupt sind in jenen, cultivirten Völkern nur wenig zugänglichen Ländern die einzelnen Reisenden während kurzer Dauer gemachten rmometerbeobachtungen nicht geeignet, die Extreme genau nen zu lernen, die sich in ihrer wahren Gröfse selbst aus ährigen Beobachtungen nicht ergeben, wie schon daraus igend hervorgeht, dafs sich manche Sommer ebenso sehr ch ungewöhnliche Hitze, als manche Winter durch seltene te auszeichnen. In manchen Gegenden unter höheren Brei- werden die Unterschiede der höchsten und tiefsten Ther- metergrade dadurch allerdings sehr grofs, dafs die Winter- te einen unglaublich hohen Grad erreicht und der Sommer noch mehrere sehr warme Tage liefert, unter niederen iten aber steigt die Hitze zuweilen bis zum Unerträglichen, dennoch folgt dann mitunter, hauptsächlich in Folge ge- ser Winde, eine Kälte, wie man sie in jenen Gegenden it erwarten sollte, allgemein aber, und auf jeden Fall unter leren Breiten, ist der Unterschied der Minima in verschie- en Jahren gröfser, als der Maxima, wie unter andern die bachtungen zu Genf von 1826 bis 1835 zeigen[1], wo die sten Temperaturen zwischen — 7°,75 und — 21°,75, die hsten aber zwischen 36°,25 und 29°,62 schwankten.

107) Ueber dem Meere, mit Ausnahme der gefrierenden armeere, sind die Schwankungen der jährlichen Temperatur r gering, in der äquatorischen Zone fast ganz verschwin- d und erst unter wachsenden Breiten etwas gröfser. John vy[2] beobachtete die Temperatur der Luft auf seiner Fahrt 1 Ceylon bis zum Vorgebirge der guten Hoffnung im Februar

1 Biblioth. univ. 1837. Avril. p. 370.
2 Edinburgh Journal of Science N. I. p. 69.

und März, also in den heifseren Monaten der südlichen H[illegible] kugel, von 12° 52′ S. B. und 79° 57′ östl. L. bis 35° [illegible] S. B. und 20° 20′ östl. L. und erhielt als Maximum 26°,1[illegible] und als Minimum 20°,0 C. Auf der weiteren Fahrt desselb[illegible] vom Cap bis Helena unter 31° 38′ S. B. und 14° östl. L. [illegible] 15° 55′ S. B. und 5° 36′ westl. L. vom 20. April bis 5.[illegible] war das erhaltene Maximum 23°,33, das Minimum aber 19[illegible] Arago[2] hat die höchsten Temperaturen aufgesucht und [illegible] sammengestellt, welche von den Seefahrern im atlantis[illegible] und grofsen Ocean, auf dem indischen, chinesischen, [illegible] Molucken- und Sunda-Meere und auf der Südsee zwis[illegible] 17° 46′ S. B. und 20 10′ N. B. gemessen wurden, und d[illegible] betragen im atlantischen Ocean (wo v. Humboldt u[illegible] 7° N. B. nur 26°,9, Caldcleugh[3] aber unter der Linie [illegible] 27°,22 und im Wasser noch etwas weniger erhielt) im [illegible] mum 29°,1, auf der Südsee 28°,9, auf dem indischen M[illegible] 29°,6, auf dem chinesischen Meere 29°,1, auf dem gr[illegible] Ocean 30°,5, auf dem Meere von Sunda 29°,1, auf [illegible] Meere von Sumatra 28°,9, auf dem Meere von Ceylon 2[illegible] so dafs die Temperatur der Luft über dem Meere sicher 3[illegible] nie übersteigt.

108) Da der Wechsel der Temperaturen hauptsächlich [illegible] die Sonnenstrahlen und die Luftströmungen bedingt wird, können die Unterschiede der Wärme und Kälte auf Insel[illegible] in Küstenländern der äquatorischen Zone nicht bedeutend [illegible] seyn[4], weil die Ungleichheit der Sonnenhöhe zwar unte[illegible] Linie nur halb so grofs ist, unter dem Wendekreise [illegible] ebenso viel beträgt, als unter höheren Breiten, dagegen der Unterschied der Tageslänge weit geringer ist u[illegible] von der See herkommenden Luftströmungen eine stets gleichbleibende Temperatur zur nothwendigen Folge [illegible] Die Gröfse der jährlichen Schwankungen läfst sich aus [illegible] Maximis und Minimis ersehn, die in der bereits erw[illegible] Tabelle den mittleren Temperaturen derjenigen Orte be[illegible]

1 Edinburgh Journ. of Science, N. III. p. 79.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. XXVII. p. 431.

3 Dessen Reisen im Südmeer. Weim. 1816. S. 5.

4 Vergl. Simonoff in Corresp. Astron. T. XIV. N. 3. B[illegible] T. XXXI. p. 296, wo dieses durch thermometrische Messun[illegible] Ste. Croix, Otaheiti, Rados u. s. w. nachgewiesen wird.

ind, deren Wärmeverhältnisse wir hinlänglich genau kennen, inzwischen bieten manche Gegenden besonders hervorzuhebende Eigenthümlichkeiten dar. Ganz der Regel gemäfs fand JAMES PRIOR[1], dafs auf den Sechellen, kleinen Inseln unter 4° 30' S. B., 56° östl. L. v. G., die Hitze selten über 30° C. stieg, und ebenso grofs war sie im Hafen von Isle de France unter 20° 10' S. B., 57° 28' östl. L. v. G., auf der Insel selbst zeigte aber das Thermometer in der Regel 2 bis 3 Grade mehr. Auf den Inseln der Südsee herrscht nach den Berichten der Seefahrer eine stets gemäfsigte, der des umgebenden Meeres fast gleiche Temperatur, namentlich schwankte sie auf Raiatea, einer der Gesellschaftsinseln unter 16° 40' S. B. und 151° 30' westl. L., nach ganzjährigen Beobachtungen von TRELKELD[2] zwischen 27°,17 und 24°,64. Gröfser mufs der Unterschied auf Trinidad unter 11° 30' N. B. wahrscheinlich wegen des Einflusses der vom nahen Continente kommenden Luftströmungen seyn, denn DAUXION LAVAYSSÉ[3] erwähnt zwar, dafs daselbst nur zweimal in neun Jahren die Hitze bis 33°,89 stieg, auch giebt er an, dafs die Temperatur in der Regel bei Sonnenaufgang 26°,0 beträgt, nach Mittag bis 30° steigt und Abends bis fast 28° wieder herabsinkt, bemerkt aber an einer andern Stelle, dafs im Frühjahr die Wärme am Tage nur 25°,0 und bei Nacht nur 15° C. beträgt. HEINEKEN[4] erhielt im ganzen Jahre zu Funchal auf Madeira unter 32° 36' als Maximum 27°,78 und als Minimum 10°,56 C., wonach also dort ein Unterschied von 17°,22 statt findet; nie steigt die Wärme selbst über 29°,44. Neu-Holland bietet bekanntlich in jeder Hinsicht die merkwürdigsten, auch keineswegs nur annähernd gelösten, Räthsel dar, und so auch in seinen Temperaturverhältnissen, sofern wir diese kennen, da uns das Innere noch ganz unbekannt ist und daher blofs von dem Verhalten an den Küsten die Rede sein kann. Zu Port Macquarie auf Vandiemens-Land unter etwa 42° S. B. beobachtete THOM. BRIS-

1 Beschreibung einer Reise in den Indischen Meeren. Weimar 1821. S. 134 u. 109.

2 Edinburgh Journ. of Science. N. XX. p. 281.

3 Reisen nach den Inseln Trinidad, Tabago und Margarethe u.s.w. Weim. 1816. S. 60 u. 73.

4 Edinburgh Journ. of Science. N. XX. p. 281. Vergl. Philos. Mag. and Annals of Phil. T. II. p. 363.

Banks[1] vom 1. bis 22. Juni ein Thermometer auf dem Schiffe, 13 Fuſs über dem Meeresspiegel, und ein zweites auf einem nahen Hügel von 65 Fuſs Höhe. Während dieser 22 Tage des dortigen Sommers war das Maximum 28°,33 und das Minimum 11°,11 C., das höhere Thermometer wich aber von dem tieferen im Mittel nur um — 3°,33 ab und die Extreme dieser Abweichung waren bei Sonnenaufgang — 5°,0 und bei Sonnenuntergang — 1°,93. Der Unterschied des Maximums und Minimums, welcher 17°,22 beträgt, ist für die kurze Beobachtungszeit an der Küste eines so weit verbreiteten Meeres allerdings ausnehmend groſs, und wird dieses, weil das Maximum die mittlere Wärme der Luft über dem Meere unter jenen Breiten zur Winterszeit bedeutend übersteigt, wie aus John Davy's oben mitgetheilten Messungen der Temperatur unter noch niedrigern Breiten deutlich hervorgeht. Inzwischen läſst sich schon aus den Angaben von Flinders[2] abnehmen, daſs die Hitze auf Neuholland oft eine bedeutende Höhe erreicht. Er beobachtete unter 32° 16',5 S. B. am 31. Januar am Bord 25°,56, am Lande im Schatten 36°,67; am 6. Februar auf der Küste im Sande 51°,67, im Schatten 36°,67 und am Bord des Schiffes 28°,33; dagegen unter 34° 44' S. B. am 27. Febr. an der Küste um Mittag im Schatten nur 24°,44, am Bord aber zwischen 19° und 26°, unter 33° 52' S. B. im Juli an der Küste und am Bord übereinstimmend zwischen 11° und 21°, unter 22° 7' S. B. in der Mitte Septembers bei warmen Nordwinden am Bord nicht über 19°,5, unter den Zelten am Lande über 32°, unter 17° 42' S. B. im November am Bord zwischen 27° und 32°, am Lande aber bis 38°; unter 16° 30' im December am Bord im Mittel 29° und unter 12° 46' im Januar am Bord 28° bis 30°,56 und an der Küste bis 36°. Auf Neuholland findet noch auſserdem das merkwürdige Verhalten statt, daſs die Nord- und Nordwestwinde, die vom Lande her über die hohen, zum Theil noch unbekannten Berge kommen, also der Vermuthung nach kalt seyn müſsten, eine erstickende Hitze bringen. Collins[3] erzählt, daſs am 10. und 11. Febr. 1791 das Thermometer zu Sidney-Town unter 33° 30' S. B. durch den Einfluſs dieser heiſsen Winde im Schatten

1 Edinburgh Journ. of Science. N. XII. p. 249.
2 Reise nach dem Austral-Lande. Weim. 1816. 8. 181 ff.
3 Account of New South-Wales. p. 153 u. 237.

af 40°,55 C. stieg, und dazu war diese Hitze so anhaltend, als auf Rose-Hill Tausende der grofsen Fledermäuse umkamen ud die Erde mit Vögeln verschiedener Art bedeckt war, die m Theil aus der Luft erstickt herabfielen. Ein Sträfling gleitete seinen Herrn auf dem Gange nach der Küche und rde dabei von einem Sonnenstiche getroffen, der ihn augenblich der Sprache und in weniger als 24 Stunden des Leis beraubte. Auch im December 1792 war die Hitze unträglich und dabei so grofse Dürre, dafs die Blätter vieler chenkräuter in Staub zerfielen; doch erreichte das Thermoter nur 37°,75 C., allein die heifsen Luftströmungen erstreckn sich bis zur Insel Maria, welche 250 engl. Meilen von rt Jackson entfernt liegt. Wenn man nun berücksichtigt, s die von Flinders unter 33° 52′ S. B. gemessene Temratur von 11° schwerlich das Minimum aus mehreren Jahren t und ebenso die von Collins angegebene von 37°,75 wohl ht als absolutes Maximum gelten kann, so übertrifft der terschied der dortigen Wärme auf jeden Fall 27° C. Ein ch gröfseres Resultat geht jedoch aus dem hervor, was John ward Nicholas[1] erzählt, dafs nämlich im Januar 1814 i einem heifsen N.W. Winde die Hitze zu Sidney nicht wer als 45°,56 erreichte, so dafs die Vögel in den Käfigen rn starben. Dessenungeachtet sinkt das Thermometer im nter bis 5°,56 C. und es wird zolldickes Eis auf stehenden ssern gebildet. Von der unglaublichen Hitze auf Neuland giebt auch Sturt[2] Nachricht, welcher am 12 Dec. der Nähe des Sees Budda neben dem Flusse Macquarie 9 C. im Schatten beobachtete, und Winterbottom[3] t von einem Freunde, dafs einst das Thermometer zu üdwallis acht Tage anhaltend auf 44°,44 C. gestanden , so dafs mehrere Papageien todt herabfielen. Uebrigens n andere zu Hobart Town nur 35°,56 und meistens nie r 34°,4 beobachtet, zu Macquarie-Harbour war 1823 die fste Hitze nur 34°,44, Oxley erhielt während seines Aufhalts nie mehr als 27°,22 und Peron[4] versichert, dafs ndings in gröfserer Entfernung vom Wendekreise, auf der

---

1 Reise nach Neuseeland. Weimar 1819. 8. 390 u. 396.

2 Berghaus Annalen. 10. Jahrg. N. 108. S. 563.

3 Ebendaselbst N. 19. S. 188.

4 Dessen Reise von Freycinet. Weim. 1819. Th. II. S. 14 u. 122.

King-Insel unter 39° 50′ S. B. und 143° 50′ östl. L. das Thermometer im dortigen warmen Monate December selten über 18°,75 gestiegen sey, ja selbst bei der Decres-Insel an der südwestlichen Küste Neuhollands unter 35° 30′ betrug die Wärme im Januar meistens nur 23°,4, stieg aber ausnahmsweise auf der Insel selbst bis 34°,4. Die zuweilen an der Südostküste Neuhollands herrschende ganz unnatürliche Hitze muſs daher eine Folge der Nordwestwinde seyn, die über die ausgedehnte Landfläche herbeiströmen, und gehört zu den bis jetzt noch nicht erklärten Phänomenen, wenn anders die mitgetheilten Angaben volles Vertrauen verdienen.

Um die Abweichung dieses Unterschiedes von dem gewöhnlichen Gange der Temperatur auf Inseln und an Küsten hervorzuheben, können wir hiermit das von Kriel[1] zu Batavia unter 6° 12′ S. B. während eines Jahres erhaltene Maximum und Minimum vergleichen; jenes fiel in den August und betrug 30°,56, dieses dagegen in den November und betrug 23°,89, so daſs die Schwankung nicht 7° C. erreicht. Auch zu Timor, unterhalb Neuholland, im Mittel unter 41° S. B. und 147° 30′ östl. L., wird ein vollkommen insularisches Klima gefunden. Man unterscheidet allerdings die Jahreszeiten, allein sie gehen unmerklich in einander über und im Ganzen giebt es nur Winter und Sommer, Regenzeit und Trockniſs. Die Vegetation hört nie auf, Blätter, Blumen und Früchte erneuern sich im allgemeinen Wechsel. Im Sommer ist die Temperatur selten höher als 21° bis 23° C., die Abende sind aber stets kühl und schwüle Nächte giebt es dort nicht. Während dieser Zeit, von Mitte December bis Mitte April, darf man auf ungefähr 20 Regentage rechnen, in den drei folgenden Monaten herrscht etwa jedes dritte Jahr anhaltende Trockenheit, doch ist das Wetter angenehm, die Temperatur selten unter 15°,65, Juni und Juli zeichnen sich durch vermehrten Regen aus, die Temperatur sinkt selten unter 10° bis 12°,7, Schnee fällt nur ausnahmsweise und schmilzt um Mittag wieder[2].

Ueber Rio de Janeiro unter 23° S. B. sind eine Menge Angaben vorhanden, die aber nicht völlig mit einander über-

---

1 Edinburgh Journ. of Science. N. X. p. 269.

2 Adolph Schayer in Berghaus Ann. 1836. N. 135 u. 136. S. 5[illegible]

mmen, weil die meisten Reisenden mehr im Innern des
nents nur kurze Zeit beobachteten, im Ganzen geht aber
r, dafs an der Küste die Wärme nur geringe Schwan-
n zeigt, etwas tiefer im Lande desto gröfsere, die sich
h nicht völlig scharf bemessen lassen, weil die Angabe
Iöhen der Orte über dem Meeresspiegel mangelt. Nach
CLEUGH[1] ist unter den dortigen Sommermonaten der
ar der heifseste, und während die mittlere Sommertem-
r zwischen 24° und 29° wechselt, schwankt die des
sten Monats zwischen 30° und 31°,2, stieg aber einmal
!°,78, die Temperatur der Wintermonate dagegen schwankt
hen 12°,78 und 15°,56. LUCCOCK[2], welcher sich längere
n jener Gegend aufhielt, giebt an, die Wärme erreiche
io Janeiro nicht selten 35°,56, doch sey es in der Um-
d kälter. Ueber diese Kälte in Brasilien, etwas fern von
leereskūste, berichtet ESCHWEGE[3], dafs nach FREIREIS die
te Temperatur 31°,11 betrage, ja selbst bis 32° und 34°
, in der Sonne sogar bis 45°,77, die niedrigste aber zu
Janeiro zu 20°,56 anzunehmen sey; inzwischen war im
t Juli 1814 hinter Mariana eine solche beispiellose Kälte,
in mehreren Nächten fingerdickes Eis auf stehenden Was-
erzeugt wurde, viele Pflanzen zu Grunde gingen und eine
e Fische starben. Bestimmter ist die Angabe von D'OLI-
[4], wonach während 9 Monaten vom Januar bis September
das Maximum mit 32°,22 auf den 1. Februar und das
num mit 18°,89 auf den 1. September fiel. Am genauesten
e Aufgabe durch FREYCINET[5] behandelt worden, wonach
emperatur wegen des nahen Meeres und der entfernteren
Berge im Ganzen mild ist, doch wird auf den Bergen
30 Meter (2555 Fufs) Höhe nicht selten eine Linie dickes
ebildet. Auf dem Schiffe Urania zeigte das Thermometer
6. Dec. 1817 bis 29. Jan. 1818 das Maximum = 26°,7
las Minimum = 22°,0 C. Nach den Beobachtungen von
o SANCHEZ DORTA und von Anderen in den Jahren 1813
814 fällt das Maximum in die Monate Januar und Februar,

Reisen im Südmeer. Weim. 1816. S. 15 u. 118.
Bemerkungen über Rio de Janeiro. Weim. 1821. S. 77.
Journal von Brasilien. Weim. 1818. Hft. I. S. 148. 177. 179.
Biblioth. univ. 1836. p. 873.
Voyage T. I. p. 96.

deren mittlere Temperatur 26°,64 beträgt, und übersteigt sie 34° C.; das Minimum fällt in den Juli und beträgt 19°,15. Wenn Caldcleugh[1] berichtet, daſs die Wärme in Chile nicht leicht über 24° steigt und im Winter nicht leicht auf den Gefrierpunct des Wassers herabgeht, in Niederperu aber zwischen 29° und 16°,11 wechselt, so ist diese Angabe zu unbestimmt wegen der langen Ausdehnung hauptsächlich des erstgenannten Küstenlandes, bestimmter dagegen läſst sich aus Stevenson's[2] Angaben die Temperatur zu Lima unter 12° S. B. erkennen, wonach das Thermometer in den Jahren 1805 und 1810 am höchsten im Monat Februar auf 26°,37 und am tiefsten im Juli und August auf 16°,11 stand, inzwischen zeigte dasselbe am 6. März 1811 in einem allseitig offenen Zimmer 26°,67, in der Luft aber, 5 Ellen von den Sonnenstrahlen, 30°,0 C., so daſs also das eigentliche Maximum in den zwei Jahren nicht gefunden wurde, und ebendieses mag auch mit dem Minimum der Fall gewesen seyn.

Auf dem Vorgebirge der guten Hoffnung ist nach Herschel[3] die gröſste Hitze 38°,6, steigt aber gewöhnlich nicht bis 29°,44, in der Regenzeit höchstens bis 26°,67, beträgt meistens nur 21°,11 und fällt selten unter 18°,33; in der Nacht aber wechselt das Minimum zwischen 5° und 10°. Bestimmter geben vieljährige Beobachtungen von Colebrook[4] das Maximum daselbst zu 36°,56 und das Minimum zu 7°,22 C. an, wonach also doch eine für diesen Küstendistrict bedeutende Schwankung hervorgeht. Nach Freycinet[5] liegen die monatlichen Mittel aus Beobachtungen in den Jahren 1810, 1811 und 1812 zwischen 24°,39 im Januar und 14°,29 im Juni und geben im Mittel für das ganze Jahr 18°,92. Im Innern des Landes muſs der Unterschied noch gröſser seyn, denn die Reisenden reden oft von erlebter drückender Hitze und dann wieder von heftiger Kälte mit Schnee, allein eine scharfe Bestimmung der Extreme ist unmöglich, weil der Aufenthalt an den einzelnen Orten von obendrein unbekannter Höhe hierzu nie lange genug dauerte.

1 Reisen im Südmeer. Weim. 1816. S. 301 u. 404.
2 Reisen in Arauco, Chile, Peru u. Colambia. Weim. 1826. S. 9
3 Frankfurter O.P.A. Zeit. 1834. N. 356.
4 Edinburgh Philos. Journ. N. XVI. p. 397.
5 Voyage T. I. p. 352.

'eberblickt man indefs die zahlreichen einzelnen Angaben
:isenden über die Temperatur der Südspitze Africas, so
uf jeden Fall aus ihnen hervor, dafs dieser Welttheil
wohl an jenem äufseren Ende als in der Mitte un-
che Wechsel der Temperatur darbietet. Die Verglei-
wird am leichtesten, wenn man die Breite und die Tem-
der Capstadt am äufsersten Ende als Hauptpunct annimmt.
ınter 33° 55' S. B. soll nach Burchell[1] die Wärme
:ns 38°,8 C. erreichen, übrigens sich zwischen 27° und
alten und nicht leicht unter 10° herabgehn, obgleich
n nahen Bergen Schnee fällt[2]. Derselbe erhielt aber
Septbr. unter 29° S. B. 33°,89 und am 8. Nov. sogar
im Januar aber war meistens daselbst um 7 Uhr Morgens
und Nachmittags 35°,5 mit Windstille an den heifsesten
Knox[3] beobachtete zu Graaf Reynet unter 32° 11' S.B.
6° östl. L. v. G. in 1050 Fufs Höhe über dem Meere
nd der Jahre 1818 und 1819 im Januar als Maximum
} und im Juli als Minimum 1°,11. Näher zum Aequator
nter 27°,10' S. B. und etwa 24° östl. L. v. G. erlebte
ell im dortigen Winter am 3. Juli, dafs das Thermo-
Mittags im Schatten 26° C. erreichte und dennoch Nachts
',75 herabging. Uebrigens war dort in der Ebene in
Monate bei heiterem Sonnenschein die Wärme Mittags
ıs 21° C. Zu Littakun[4], gleichfalls unter 27° 7' S. B.
1° 30' östl. L., war im Juli das Maximum 26°,11, das
um — 1°,95, im August waren diese Gröfsen 28°,33
°,67, im September 31°,38 und 4°,44, mithin findet
ort eine bedeutende tägliche, monatliche und gleichfalls
ıe Schwankung statt. Viele Messungen der Temperaturen
lichen Africa hat Campbell[5] mitgetheilt, die ich wegen
r noch immer sehr unvollständigen Kenntnifs dieses
ıeils hier zusammenstelle.

Dessen Reisen. Weim. 1822. Th. I. S. 56. 255. 364.
Campbell bemerkt, dafs unweit der Capstadt das Thermometer
'ebr. 37°,78 zeigte und in seinem Wager am Tage nie unter
herabging. S. dessen Reisen in Africa. Weim. 1823. S. 4.
Edinb. Phil. Journ. N. X. p. 280.
Burchell's Reisen in Africa. Weim. 1825. Th. II. S. 326. 456
).
Reisen in Africa. Weim. 1823.

Breite S.		Zeit	Temp.	Bemerkungen.
27° bis	26°	12. Apr.	25°,56	Mittag.
—	—	13. —	24,44	— Morgens 9°,44.
—	—	15. —	26,67	—
—	—	17. —	26,67	—
—	—	18. —	23,89	—
—	—	19. —	30,00	—
—	—	21. —	14,44	—
26 bis	25	25. —	24,24	—
—	—	28. —	15 56	— während der Regenzeit.
—	—	1. Mai	23,33	—
24		14. —	13,33	— beim Regen.
—		17. —	15,56	—
25°	30′	21. —	22,22	—
—	—	25. —	14,44	—
—	—	26. —	6,67	Morgens; 15°,56 Abends.
26	20′	27. —	5,56	— 21°,11 Mitt.; 5°,56 Abds.
27	—	20. Juni	3,33	— 23°,33 —
—	—	21. —	3,89	— 18°,3 —
—	—	22. —	1,67	— 12°,78 —
27°	12′	25. —	— —	— 0,5 Zoll dickes Eis auf dem Wasser.
—	—	30. —	—1,11	— mit zolldickem Eise; 21°,11 Mittags.
—	—	3. Juli	21,11	Mittags.
—	—	4. —	18,89	—; am Morgen 4°,44.
27	0′	8. —	4,00	den ganzen Tag bei Regen.
—	—	9. —	—1,11	Morg.; 3°,89 Mitt.; 11°,11 Abds.
—	—	13. —	15,56	Mittags.
28	5′	25. Aug.	22,22	—
—	—	27. —	28,89	—
32	10′	27. Sept.	31,11	—

Auf der Insel Mauritius[1] unter 20° 51′ S. B. war im Jah 1834 das Maximum am 8. Jan. = 32°,7 und das Minim am 15. Juni = 15° C. mit einem Unterschiede von 17°,7, d man auf einer so kleinen Insel und unter so geringer Br blofs aus dem Einflusse der verschiedenen Luftströmungen e klären kann. Freycinet[2] giebt jedoch an, dafs nach jährigen Beobachtungen von Lislet Geofroy zu Port L die monatlichen Mittel zwischen 28°,48 im Januar und 21° im August schwanken, die mittlere jährliche von 24°,85 bis auf 0°,1 alle Jahre gleich bleibt.

1 Biblioth. univ. Nouv. Sér. T. I. p. 160.
2 A. a. O. p. 367.

09) Es ist schwer, für die südliche Halbkugel eine hin-
:he Menge Beobachtungen aufzufinden, aus denen her-
it, dafs unter niederen Breiten nur auf Inseln und an
üsten die Unterschiede der Temperatur-Extreme so ge-
ind, als man gewöhnlich annimmt, indem da vielmehr,
llen Gegensatze mit dieser Voraussetzung, sogar inner-
er Wendekreise tiefer im Lande zwar kein eigentlicher
sel der Jahreszeiten, wohl aber gröfsere Unterschiede der
e und Kälte statt finden, als an den europäischen Küsten
bis zum Polarkreise; für die nördliche Hemisphäre da-
hat diese Aufgabe keine Schwierigkeit, und es läfst sich
nch leicht darthun, dafs der auffallend gröfste Unter-
der Sommerwärme und Winterkälte im nördlichen Theile
sien und von America gefunden wird. Die Zusammen-
ıg der wichtigsten hierher gehörigen Thatsachen wird
dienen, die Temperaturverhältnisse der verschiedenen
ınserer Erde in ein näheres Licht zu setzen.

10) Auf einem Stationsschiffe in der Bai von Benin unter
B. beobachtete Marwood Kelli[1] von 1819 bis 1821
. April 1820 als Maximum 31°,25 C. und als Minimum
3. Aug. dieses Jahres 21°,97, was wohl als Beispiel einer
nahe gleichbleibenden Temperatur gelten kann. Hiermit
nstimmend giebt Monrad[2] die mittlere Temperatur auf
oldküste unter 5° N. B. zu 28°,33 C. an, setzt aber hinzu,
ärme steige weiter landeinwärts zuweilen bis 35° und
Nach 2jährigen Beobachtungen von Scarman[3] war zu
apatam unter 12° 25′ die Temperatur am kältesten Tage
ınuar) bei Sonnenaufgang, 12°,73 stieg jedoch am Nach-
e bis 27°,17, am heifsesten (25. April) dagegen war sie bei
naufgang 19°,44 und stieg am Nachmittage auf 39°,44,
s also einen Unterschied von 26°,71 C. giebt. Ganz
ist das Verhältnifs zu Hawaii unter 19° 30′ N. B. und
15′ W. L., wo die Missionäre[4] das Maximum im August
,11 und das Minimum im Januar = 15° erhielten, also
htet der insularischen Lage doch immer noch ein Un-
ed von 16°,11. Orte, welche etwas weiter von der

Annals of Philos. 1823. Mai. p. 360.
Gemälde der Küste von Guinea. Weim. 1824. 8.
Edinburgh Journ. of Science. N. X. p. 249.
Ebendaselbst. N. X. p. 370.

Küste entfernt liegen und in der Nähe keine hohen Berge haben, aus deren Thälern kalte Luftmassen herabfliefsen, unterliegen durch den Einflufs der Sonnenstrahlen unglaublichen Graden von Hitze, allein nicht alle zeigen gleiche Grade von Kälte und der Unterschied der Extreme ist daher verschieden. So zeigte nach v. HUMBOLDT[1] der Sand in den Llanos von Venezuela Nachmittags 2 Uhr meistens 52°,5, zuweilen sogar 60° C.; die Temperatur der Luft im Schatten eines Bombax betrug 36°,2, in der Sonne aber, 18 Fuſs über dem Boden, zeigte das Thermometer 42°,8; in der Nacht hatte der Sand nur noch 28°, also über 24° verloren. Ueber dem Rasen neben den Wasserfällen des Orenoco steigt die Temperatur nicht über 30°, während die Luft 26° hat, der anstehende Granit sich aber bis 48° erhitzt. America zeigt übrigens in seinem südlichern Theile keineswegs auffallend hohe Grade der Wärme und tiefe der Kälte; die Temperatur ist dort durch den Einflufs des Meeres und hoher Gebirgsketten, die vielen mächtigen Strömen den Ursprung geben, milder und weniger zwischen weit von einander abstehenden Extremen schwankend als die zwei andern Continente zeigen, denn die Wärme stieg nach v. HUMBOLDT[2] nur selten über 38° C. und ging zu Vera Cruz unter 19° 9′ N. B. während 13 Jahren nie über 35°,6 hinaus. Dagegen berichtet der Capitain TUCKEY[3], dafs auf seiner Station auf dem rothen Meere im Jahre 1800 das Thermometer um Mitternacht 36°, nie weniger als 34°,4, um Sonnenaufgang aber 40 und um Mittag 44° oder 45° gezeigt habe, eine Hitze, welche dem Meere nicht zukommt und daher blofs durch die über die benachbarten Sandwüsten herbeiströmenden Luftmassen verursacht werden konnte, wenn anders die Messung genau ist. Ueber jenen Ebenen steigt die Temperatur selbst im Schatten leicht auf 43° C., der Sand verbrennt die Füſse, und die Franzosen[4] maſsen sogar am 2. Sept. 1799. bei Ombos oberhalb Syene einige Fuſs über dem Boden 54° C. Auch THOM. LEGH[5] beobachtete auf seiner

1 G. LXV. 38. Vergl. Reisen; D. Ueb. Th. III. S. 70. 249. u. a. a. O.

2 Gehlen's Journ. Th. II. S. 525.

3 Nach ARAGO in Ann. Chim. et Phys. T. XXVII. p. 429.

4 Déscription de l'Égypte. Ch. 4.

5 Reise durch Aegypten u. s. w. Weim. 1818. S. 69.

Reise durch Aegypten oberhalb der Katarakten in der Gegend von Essuan (unter 23° N. B.) die Temperatur im Sande =51°,67 C., im Freien im Schatten 35°,56 und in der Cajüte des Schiffes auf dem Nil 30°. Vieljährige Thermometerbeobach-tungen würden sicher noch gröſsere Extreme darbieten, und scheint also, daſs Aegypten durch seine Begrenzung und Einfluſs des Nils gegen die äuſserste Hitze der africanischen und asiatischen Wüsten nicht geschützt ist. RUSSEGGER [1] hat gefunden, daſs unter dem 15ten Grade N. B. die Tem-peratur höher ist, als weiter südlich. Dort beobachtete er häufig im Schatten 43°,75 und selbst 46°,25, statt daſs zwi-schen den Parallelen von 10° und 13° die höchste Tempe-ratur im Schatten nur 43°,12, die niedrigste 21°,62 betrug, und dabei trat das Maximum zwischen 1 und 2 Uhr Nachmittags, das Minimum bei Sonnenaufgang ein. Die Abnahme der Tem-peratur in den dortigen südlichern Gegenden ist ohne Zweifel eine Folge gröſserer Höhe über der Meeresfläche oder benach-barter hoher Berge. Wie tief die Temperatur dort herabge-gangen sey, um danach den Unterschied der Extreme zu be-stimmen, finde ich nicht angegeben, inzwischen haben wir andere Messungen, die auf bedeutende Schwankungen der Wärme, mindestens im Innern von Africa, schlieſsen lassen. Nach BOWDICH [2] war zwischen 5° 34′ und 5° 59′ N. B. vom April bis 2. Mai 1817 das Maximum 31°,67 und das Mi-nimum 23°,33 mit einem unbedeutenden Unterschiede, allein in so kurzen Zeiträumen pflegt sich die Temperatur auch dort in geringer Entfernung von der Küste nicht auffallend zu än-dern. Ganz der früheren Ansicht zuwider, wonach man jenem Welttheile eine immerwährende brennende Hitze beizulegen pflegte, bemerkt MOLLIEN [3], daſs es zwar am Tage brennend heiſs ist, denn unter 15° N. B. zeigte das Thermometer im Schatten 40° C., allein die Kühle der Nacht nennt er dort er-quickender, als in Europa, mit dem Zusatze, daſs man die Kälte mehr als die Hitze zu fürchten habe, nach derjenigen zu urtheilen, die er dort im Februar empfand. ALI BEY EL

1 Zeitschrift von Baumgartner und v. Holger. Th. V. S 261.

2 Missionsreise. Weim. 1820.

3 Reise in das Innere von Africa. A. d. Franz. Weim. 1820. S. 158. 159.

Abassi[1] hat häufig an den Orten, wo er sich gerade befand, die Temperaturen aufgezeichnet, woraus zwar nicht die Extreme zu entnehmen sind, wohl aber im Allgemeinen die Temperaturverhältnisse jener Gegenden. Auffallen muſs es schon, wenn er sagt, daſs zu Fez unter 34° 6′ N. B., 5° W. L. v. G. das Thermometer nie unter — 5° herabsinkt; zu Semelalia aber, unweit Marocco unter 31° 30′ N. B., zeigte das Thermometer am 31. Juli 45° C.; am 1. December des folgenden Jahres in der Sonne 51°,25 und im Schatten nur 26°,45; am 5. desselben Monats um 10 Uhr Morgens in der Sonne 47°,5, um 1 Uhr im Schatten nur 21°,75; die gröſste Wärme war am 2. und 3. Septbr. im Schatten 43°,5, die geringste am 18. Decbr. um 5 Uhr Morgens — 8°,75, mithin betrug der Unterschied der Extreme doch 52°,25 C. Daſs die gröſste Wärme zu Mecca unter 21° 30′ N. B. im Monat Februar am 5ten Abends bei Sonnenuntergang 29°,37 und die geringste am 16ten Morgens bei Sonnenaufgang 20°,0 C. betrug, daſs ferner das Thermometer zu Medina unter 24° 35′ N. B. am 3. Apr. im Schatten 35° und zu Yenboa unter 24° 7′ N. B. am 14. April 33°,75 C. zeigte, beweist genügend die dort herrschende hohe Temperatur, und dennoch war zwischen Gadiyahia und Suez am rothen Meere unter 28° N. B. am 15. Mai in der Nacht die Kälte so heftig, daſs die Reisenden am ganzen Leibe zitterten, ja bei Suez unter 30° N. B. zeigte das Thermometer am 11. Juni Abends bei Sonnenuntergang nur 8°,75 und stieg am 12ten um halb 9 Uhr Abends auf 46°,25, am 13ten Abends 6 Uhr auf 52°,5, von welcher Höhe es schon um 7 Uhr auf 46°,55 herabging. Die asiatische Küste scheint durch die Nähe des Meeres und den Einfluſs der Berge gegen solche beträchtliche Wechsel geschützt zu seyn, denn zu Gaza unter 31° N. B. zeigte das Thermometer im Juli zwar 47°,15, stieg aber in diesem ganzen Monate zu Jerusalem unter 31° 46′ N. B. nie über 30° C. und ging am Morgen meistens bis 21°,55 wieder herab.

111) Ueber den bedeutenden Wechsel der Temperatur an der Nordküste Africas haben schon die neuesten Nachrichten von der Expedition der französischen Truppen nach Constantine im

1 Reisen in Africa und Asien. D. Ueb. Weim. 1816. S. 107. 172. 176. 289. 345. 350. 383. 385.

einen Auskunft gegeben, noch bestimmter geht dieses
n Messungen des Dr. P. DELLA CELLA [1] an einigen etwas
er liegenden Orten hervor. Dieser beobachtete lands
ts von Tripolis (32° 30' N. B.) am 14. Febr. Morgens
5° C., Mittags im Schatten 20°, zwischen Mesurate
[. B.) und Lubey aber am 22sten desselben Monats
25, und dennoch stieg die Wärme am 2 Uhr Nachmittags
',75, am 23sten aber ging um Sonnenaufgang das Ther-
r bis — 10° C. herab und stieg am Mittage bis 28°,75.
ABOTTOM [2] sah im westlichen Africa nicht weit vom
or das Thermometer im Schatten auf 39°,44 und auf
oden bis 59° steigen, im nördlichen Theile der Sierra
etwa 9° N. B., jedoch nur bis 37°,47 und bei Sonnen-
; zeigte es nur 20° C. Am genauesten aber sind die
ürdigen Temperaturverhältnisse im Innern von Africa
n Berichten der kühnen Reisenden DENHAM und CLAP-
r bekannt geworden [3]. Zu Bornu und in der Umgegend,
en 12° und 15° N. B. und etwa 45° östl. L. v. G., war die
selbst im Schatten unerträglich; am 20. Apr. zeigte das
ometer in der Hütte 45° C. und hielt sich einige Stun-
uf dieser Höhe, nachdem es schon früher eine kurze Zeit
°,44 und 41°,11 gestanden hatte. Während der Regen-
ng es bedeutend herunter und zeigte nach denselben im
ber 31°,67, ja am 26sten 36°,67. Im April des folgen-
hres hielt es sich meistens auf 39° bis 40°, fiel aber zu
k unter 28° N. B. im November auf 5° C. Im Allge-
steigt die Wärme vom Monat März bis Ende Juni
Aufgang der Sonne an bis Mittag, erreicht dann das
um von 41°,11, nimmt wenig ab und ist während der
nicht geringer als etwa 37°,78, erreicht aber ihr Mini-
von 30°,57 um Sonnenaufgang. Während dieser Periode
hen Süd- und Südost-Winde, es folgt dann die zweite
zeit und hierauf der Winter, während dessen bei Nord-
Winden das Thermometer Morgens 14°,44 zeigt und am

---

[1] Reise von Tripolis an die Grenze von Aegypten. Weim. 1821.
und 43.

[2] Edinburgh Phil. Journ. XIX. p. 183.

[3] Beschreibung der Reisen und Entdeckungen im nördlichen und
en Africa. Weim. 1827. II. Th. 8. S. 187. 297. 366. 432. 445.
95. 509. 576.

Ungarns, nur sind keine genauen Messungen darüber bekannt. Inzwischen versichert WIMMER[1] an mehreren Tagen Morgens 25°, um 2 Uhr Nachmittags 42°,5 und Abends 27°,5 C. beobachtet zu haben, und dennoch sey an eben jenen Orten in der Nacht vom 29sten auf den 30sten Januar 1816 der Weingeist gefroren. Ist hier nur von mäfsig reinem Spiritus die Rede, so würde es doch auf eine Kälte von — 40° bis — 50° C. schliefsen lassen. Dort, wie in den tropischen Continenten, wechseln heifse Tage mit kühlen Nächten. Zu Cheissac in der Auvergne[2], 470 Meter über dem Meere, war 1833 das Maximum am 13ten Aug. = 27°,5 und das Minimum am 2ten Jan. = 2°,7. Für Paris unter 48° 50′ N. B. geben Cassini[3] und ARAGO[4] die Maxima und Minima der Thermometerstände an; sie waren ersteres im Jahre 1793 am 8ten Juli = 38°,4, welchem das im Jahre 1803 mit 36°,7 am nächsten kam, und letzteres im Jahre 1793 am 25sten Januar = — 23°,5, welchem das am 13ten Januar 1709 von — 23°,1 sich am meisten nähert. Zu Strafsburg unter 48° 35′ wird als höchste Temperatur 35°,9 und als niedrigste die am 26sten Dec. 1798 beobachtete von — 25° C. angenommen. Zu Carlsruhe[5] unter 29° 1′ N. B. war in 44 Jahren die höchste Temperatur am 3ten Aug. 1783 = 36°,62 und die geringste am 18ten Febr. 1827 = — 26°,9. Hier in Heidelberg unter 49° 24′ N. B. war während 18 Jahren der höchste Thermometerstand am 14ten Juli 1832 = 36°,25 und der tiefste am 18ten Febr. 1827 = — 26°,25. Zu Arnstadt[6] unter 50° 49′ N. B. war während 10 Jahren die gröfste Wärme am 3ten August 1826 = 34°,75, das Minimum am 23sten Januar 1823 und 2ten Februar 1830 = — 28°,5. Man sieht schon aus diesen Angaben, dafs selbst in Deutschland die Maxima und Minima nicht auf gleiche Tage, ja sogar nicht in die nämlichen Jahre fallen, so dafs also selbst über einen so kleinen Landstrich die Temperatur durch partielle Ursachen bedingt

1 Berghaus Annalen 1836. Juni u. Juli. S. 382.
2 Annales d'Auvergne. T. VII. p. 144.
3 Mém. de l'Institut. T. IV. p. 360.
4 Ann. de Chim. et Phys. T. XXVII. p. 415.
5 Untersuchungen über das Klima und die Witterungsverhältnisse von Carlsruhe von Dr. EISENLOHR. S. 38.
6 LUCAS in Kastner Archiv. Th. VIII. S. 48.

, obschon sich diese im Ganzen bald wieder ausgleichen.
›obachtete auch Voigt[1] zu Jena unter 50°. 56′ N. B. am
Juli 1807 die seit vielen Jahren ungewöhnliche Hitze
37°,5, in Leipzig unter 51° 20′ stieg dieselbe im Jahre
auf 38° C. und als gröfste Kälte mafs Hindenburg da-
— 30° am 17. Dec. 1788, nachdem sie schon am 28sten
1785 = — 28°,5 gewesen war. Zu Boritz, 3 Stunden
Meifsen, betrug die gröfste Kälte am 23sten Jan. 1795
— 31°,25, und da im Jahre 1827 die Kälte an einigen Or-
es nördlichen Deutschlands wohl noch tiefer herabging, als
ıhre 1795, die dort nur auf wenige Stunden beschränk-
ıöchsten Grade der Hitze aber schwerlich genau aufge-
net worden sind, so darf man annehmen, dafs im südlichen
ıchland die Extreme nicht über + 37°,5 und — 28°, im
ichen aber nicht über + 38° und — 32° C. hinausgehn. Dafs
Extreme jedoch zu jeder Zeit nur auf einzelne Districte
ıränkt sind, wenn gleich die Temperatur im Ganzen den
ichen Charakter allgemeiner zeigt[2], unterliegt keinem Zwei-
da im Februar 1827 das Maximum der Kälte in Frank-
geringer war als hier in Heidelberg und in Heidelberg
ıger als in Carlsruhe, statt dafs am 23sten Jan. 1823 das
rmometer hier bis — 17°, in Frankfurt dagegen bis
1°,25 herabging. W. Brandes[3] stellt folgende am 31sten
1783 beobachtete, keineswegs mit den Breitengraden der
übereinstimmende Temperaturen zusammen: in Würz-
— 27°,5, in Regensburg — 25°, in Mannheim und Göt-
ın — 22°,5, in Metz, Prag und Sagan — 21°,5, in Paris,
terdam, Franecker und Hamburg — 20°, im Elsafs — 23°,75,
Danzig und Berlin — 16°,75. Auch die Gröfse der Oscil-
nen im Ganzen weichen in Europa zwischen dem 48sten
54sten Breitengrade nicht unbedeutend von einander ab,
aus folgender Tabelle von Egen[4] deutlich hervorgeht.

---

1 Allgem. Lit. Zeit. 1807. Int. Bl. S. 572.

2 Auch hiervon giebt es Ausnahmen; denn unter andern waren
Monate Mai, Juni und Juli des Jahres 1836 hier zu Heidelberg
ıehmend trocken und daher auch warm, in Göttingen bis Ham-
; hin aber feucht und insofern auch kalt.

3 Beiträge zur Witterungskunde. S. 215.

4 Berghaus Annalen. Th. V. S. 327.

Ungarns, nur sind keine genauen Messungen darüber bekannt. Inzwischen versichert WIMMER[1] an mehreren Tagen Morgens 25°, um 2 Uhr Nachmittags 42°,5 und Abends 27°,5 C. beobachtet zu haben, und dennoch sey an eben jenen Orten in der Nacht vom 29sten auf den 30sten Januar 1816 der Weingeist gefroren. Ist hier nur von mäfsig reinem Spiritus die Rede, so würde es doch auf eine Kälte von — 40° bis — 50° C. schliefsen lassen. Dort, wie in den tropischen Continenten, wechseln heifse Tage mit kühlen Nächten. Zu Cheissac in der Auvergne[2], 470 Meter über dem Meere, war 1833 das Maximum am 13ten Aug. = 27°,5 und das Minimum am 2ten Jan. = 2°,7. Für Paris unter 48° 50′ N. B. geben Cassini[3] und ARAGO[4] die Maxima und Minima der Thermometerstände an; sie waren ersteres im Jahre 1793 am 8ten Juli = 38°,4, welchem das im Jahre 1803 mit 36°,7 am nächsten kam, und letzteres im Jahre 1793 am 25sten Januar = — 23°,5, welchem das am 13ten Januar 1709 von — 23°,1 sich am meisten nähert. Zu Strafsburg unter 48° 35′ wird als höchste Temperatur 35°,9 und als niedrigste die am 26sten Dec. 1798 beobachtete von — 25° C. angenommen. Zu Carlsruhe[5] unter 29° 1′ N. B. war in 44 Jahren die höchste Temperatur am 3ten Aug. 1783 = 36°,62 und die geringste am 18ten Febr. 1827 = — 26°,9. Hier in Heidelberg unter 49° 24′ N. B. war während 18 Jahren der höchste Thermometerstand am 14ten Juli 1832 = 36°,25 und der tiefste am 18ten Febr. 1827 = — 26°,25. Zu Arnstadt[6] unter 50° 49′ N. B. war während 10 Jahren die gröfste Wärme am 3ten August 1826 = 34°,75, das Minimum am 23sten Januar 1823 und 2ten Februar 1830 = — 28°,5. Man sieht schon aus diesen Angaben, dafs selbst in Deutschland die Maxima und Minima nicht auf gleiche Tage, ja sogar nicht in die nämlichen Jahre fallen, so dafs also selbst über einen so kleinen Landstrich die Temperatur durch partielle Ursachen bedingt

---

1 Berghaus Annalen 1836. Juni u. Juli. S. 332.
2 Annales d'Auvergne. T. VII. p. 144.
3 Mém. de l'Institut. T. IV. p. 360.
4 Ann. de Chim. et Phys. T. XXVII. p. 415.
5 Untersuchungen über das Klima und die Witterungsverhältnisse von Carlsruhe von Dr. EISENLOHR. S. 38.
6 LUCAS in Kastner Archiv. Th. VIII. S. 48.

, obschon sich diese im Ganzen bald wieder ausgleichen.
:obachtete auch Voigt[1] zu Jena unter 50° 56′ N. B. am
Juli 1807 die seit vielen Jahren ungewöhnliche Hitze
37°,5, in Leipzig unter 51° 20′ stieg dieselbe im Jahre
auf 38° C. und als gröfste Kälte mafs Hindenburg da-
— 30° am 17. Dec. 1788, nachdem sie schon am 28sten
1785 = — 28°,5 gewesen war. Zu Boritz, 3 Stunden
Meifsen, betrug die gröfste Kälte am 23sten Jan. 1795
— 31°,25, und da im Jahre 1827 die Kälte an einigen Or-
es nördlichen Deutschlands wohl noch tiefer herabging, als
hre 1795, die dort nur auf wenige Stunden beschränk-
iöchsten Grade der Hitze aber schwerlich genau aufge-
net worden sind, so darf man annehmen, dafs im südlichen
ıchland die Extreme nicht über + 37°,5 und — 28°, im
ichen aber nicht über + 38° und — 32° C. hinausgehn. Dafs
Extreme jedoch zu jeder Zeit nur auf einzelne Districte
ränkt sind, wenn gleich die Temperatur im Ganzen den
ıchen Charakter allgemeiner zeigt[2], unterliegt keinem Zwei-
da im Februar 1827 das Maximum der Kälte in Frank-
geringer war als hier in Heidelberg und in Heidelberg
ıger als in Carlsruhe, statt dafs am 23sten Jan. 1823 das
mometer hier bis — 17°, in Frankfurt dagegen bis
1°,25 herabging. W. Brandes[3] stellt folgende am 31sten
1783 beobachtete, keineswegs mit den Breitengraden der
übereinstimmende Temperaturen zusammen: in Würz-
— 27°,5, in Regensburg — 25°, in Mannheim und Göt-
n — 22°,5, in Metz, Prag und Sagan — 21°,5, in Paris,
ıerdam, Franecker und Hamburg — 20°, im Elsafs — 23°,75,
Danzig und Berlin — 16°,75. Auch die Gröfse der Oscil-
nen im Ganzen weichen in Europa zwischen dem 48sten
54sten Breitengrade nicht unbedeutend von einander ab,
aus folgender Tabelle von Egen[4] deutlich hervorgeht.

1 Allgem. Lit. Zeit. 1807. Int. Bl. S. 572.
2 Auch hiervon giebt es Ausnahmen; denn unter andern waren Monate Mai, Juni und Juli des Jahres 1836 hier zu Heidelberg ehmend trocken und daher auch warm, in Göttingen bis Ham- hin aber feucht und insofern auch kalt.
3 Beiträge zur Witterungskunde. S. 215.
4 Berghaus Annalen. Th. V. S. 327.

Ungarns, nur sind keine genauen Messungen darüber bekannt. Inzwischen versichert Wimmer[1] an mehreren Tagen Morgens 25°, um 2 Uhr Nachmittags 42°,5 und Abends 27°,5 C. beobachtet zu haben, und dennoch sey an eben jenen Orten in der Nacht vom 29sten auf den 30sten Januar 1816 der Weingeist gefroren. Ist hier nur von mäſsig reinem Spiritus die Rede, so würde es doch auf eine Kälte von — 40° bis — 50° C. schlieſsen lassen. Dort, wie in den tropischen Continenten, wechseln heiſse Tage mit kühlen Nächten. Zu Cheissac in der Auvergne[2], 470 Meter über dem Meere, war 1833 das Maximum am 13ten Aug. = 27°,5 und das Minimum am 2ten Jan. = 2°,7. Für Paris unter 48° 50′ N. B. geben Cassini[3] und Arago[4] die Maxima und Minima der Thermometerstände an; sie waren ersteres im Jahre 1793 am 8ten Juli = 38°,4, welchem das im Jahre 1803 mit 36°,7 am nächsten kam, und letzteres im Jahre 1793 am 25sten Januar = — 23°,5, welchem das am 13ten Januar 1709 von — 23°,1 sich am meisten nähert. Zu Straſsburg unter 48° 35′ wird als höchste Temperatur 35°,9 und als niedrigste die am 26sten Dec. 1798 beobachtete von — 25° C. angenommen. Zu Carlsruhe[5] unter 29° 1′ N. B. war in 44 Jahren die höchste Temperatur am 3ten Aug. 1783 = 36°,62 und die geringste am 18ten Febr. 1827 = — 26°,9. Hier in Heidelberg unter 49° 24′ N. B. war während 18 Jahren der höchste Thermometerstand am 14ten Juli 1832 = 36°,25 und der tiefste am 18ten Febr. 1827 = — 26°,25. Zu Arnstadt[6] unter 50° 49′ N. B. war während 10 Jahren die gröſste Wärme am 3ten August 1826 = 34°,75, das Minimum am 23sten Januar 1823 und 2ten Februar 1830 = — 28°,5. Man sieht schon aus diesen Angaben, daſs selbst in Deutschland die Maxima und Minima nicht auf gleiche Tage, ja sogar nicht in die nämlichen Jahre fallen, so daſs also selbst über einen so kleinen Landstrich die Temperatur durch partielle Ursachen bedingt

1 Berghaus Annalen 1836. Juni u. Juli. S. 382.
2 Annales d'Auvergne. T. VII. p. 144.
3 Mém. de l'Institut. T. IV. p. 360.
4 Ann. de Chim. et Phys. T. XXVII. p. 415.
5 Untersuchungen über das Klima und die Witterungsverhältnisse von Carlsruhe von Dr. Eisenlohr. S. 38.
Lucas in Kastner Archiv. Th. VIII. S. 48.

, obschon sich diese im Ganzen bald wieder ausgleichen.
:obachtete auch Voigt[1] zu Jena unter 50°. 56′ N. B. am
Juli 1807 die seit vielen Jahren ungewöhnliche Hitze
37°,5, in Leipzig unter 51° 20′ stieg dieselbe im Jahre
auf 38° C. und als gröfste Kälte mafs Hindenburg da-
— 30° am 17. Dec. 1788, nachdem sie schon am 28sten
1785 = — 28°,5 gewesen war. Zu Boritz, 3 Stunden
Meifsen, betrug die gröfste Kälte am 23sten Jan. 1795
— 31°,25, und da im Jahre 1827 die Kälte an einigen Or-
es nördlichen Deutschlands wohl noch tiefer herabging, als
hre 1795, die dort nur auf wenige Stunden beschränk-
ıöchsten Grade der Hitze aber schwerlich genau aufge-
net worden sind, so darf man annehmen, dafs im südlichen
ıchland die Extreme nicht über + 37°,5 und — 28°, im
ichen aber nicht über + 38° und — 32° C. hinausgehn. Dafs
Extreme jedoch zu jeder Zeit nur auf einzelne Districte
ränkt sind, wenn gleich die Temperatur im Ganzen den
ichen Charakter allgemeiner zeigt[2], unterliegt keinem Zwei-
da im Februar 1827 das Maximum der Kälte in Frank-
geringer war als hier in Heidelberg und in Heidelberg
ıger als in Carlsruhe, statt dafs am 23sten Jan. 1823 das
mometer hier bis — 17°, in Frankfurt dagegen bis
1°,25 herabging. W. Brandes[3] stellt folgende am 31sten
1783 beobachtete, keineswegs mit den Breitengraden der
übereinstimmende Temperaturen zusammen: in Würz-
— 27°,5, in Regensburg — 25°, in Mannheim und Göt-
n — 22°,5, in Metz, Prag und Sagan — 21°,5, in Paris,
terdam, Franecker und Hamburg — 20°, im Elsafs — 23°,75,
Danzig und Berlin — 16°,75. Auch die Gröfse der Oscil-
nen im Ganzen weichen in Europa zwischen dem 48sten
54sten Breitengrade nicht unbedeutend von einander ab,
aus folgender Tabelle von Egen[4] deutlich hervorgeht.

---

1 Allgem. Lit. Zeit. 1807. Int. Bl. S. 572.

2 Auch hiervon giebt es Ausnahmen; denn unter andern waren Monate Mai, Juni und Juli des Jahres 1836 hier zu Heidelberg ehmend trocken und daher auch warm, in Göttingen bis Ham- ; hin aber feucht und insofern auch kalt.

3 Beiträge zur Witterungskunde. S. 215.

4 Berghaus Annalen. Th. V. S. 327.

Ungarns, nur sind keine genauen Messungen darüber bekannt. Inzwischen versichert Wimmer[1] an mehreren Tagen Morgens 25°, um 2 Uhr Nachmittags 42°,5 und Abends 27°,5 C. beobachtet zu haben, und dennoch sey an eben jenen Orten in der Nacht vom 29sten auf den 30sten Januar 1816 der Weingeist gefroren. Ist hier nur von mäſsig reinem Spiritus die Rede, so würde es doch auf eine Kälte von — 40° bis — 50° C. schlieſsen lassen. Dort, wie in den tropischen Continenten, wechseln heiſse Tage mit kühlen Nächten. Zu Cheissac in der Auvergne[2], 470 Meter über dem Meere, war 1833 das Maximum am 13ten Aug. = 27°,5 und das Minimum am 2ten Jan. = 2°,7. Für Paris unter 48° 50′ N. B. geben Cassini[3] und Arago[4] die Maxima und Minima der Thermometerstände an; sie waren ersteres im Jahre 1793 am 8ten Juli = 38°,4, welchem das im Jahre 1803 mit 36°,7 am nächsten kam, und letzteres im Jahre 1793 am 25sten Januar = — 23°,5, welchem das am 13ten Januar 1709 von — 23°,1 sich am meisten nähert. Zu Straſsburg unter 48° 35′ wird als höchste Temperatur 35°,9 und als niedrigste die am 26sten Dec. 1798 beobachtete von — 25° C. angenommen. Zu Carlsruhe[5] unter 29° 1′ N. B. war in 44 Jahren die höchste Temperatur am 3ten Aug. 1783 = 36°,62 und die geringste am 18ten Febr. 1827 = — 26°,9. Hier in Heidelberg unter 49° 24′ N. B. war während 18 Jahren der höchste Thermometerstand am 14ten Juli 1832 = 36°,25 und der tiefste am 18ten Febr. 1827 = — 26°,25. Zu Arnstadt[6] unter 50° 49′ N. B. war während 10 Jahren die gröſste Wärme am 3ten August 1826 = 34°,75, das Minimum am 23sten Januar 1823 und 2ten Februar 1830 = — 28°,5. Man sieht schon aus diesen Angaben, daſs selbst in Deutschland die Maxima und Minima nicht auf gleiche Tage, ja sogar nicht in die nämlichen Jahre fallen, so daſs also selbst über einen so kleinen Landstrich die Temperatur durch partielle Ursachen bedingt

1 Berghaus Annalen 1836. Juni u. Juli. S. 332.
2 Annales d'Auvergne. T. VII. p. 144.
3 Mém. de l'Institut. T. IV. p. 360.
4 Ann. de Chim. et Phys. T. XXVII. p. 415.
5 Untersuchungen über das Klima und die Witterungsverhältnisse von Carlsruhe von Dr. Eisenlohr. S. 38.
6 Lucas in Kastner Archiv. Th. VIII. S. 48.

, obschon sich diese im Ganzen bald wieder ausgleichen.
:obachtete auch Voigt[1] zu Jena unter 50° 56′ N. B. am
Juli 1807 die seit vielen Jahren ungewöhnliche Hitze
37°,5, in Leipzig unter 51° 20′ stieg dieselbe im Jahre
auf 38° C. und als gröfste Kälte mafs Hindenburg da-
— 30° am 17. Dec. 1788, nachdem sie schon am 28sten
1785 = — 28°,5 gewesen war. Zu Boritz, 3 Stunden
Meifsen, betrug die gröfste Kälte am 23sten Jan. 1795
— 31°,25, und da im Jahre 1827 die Kälte an einigen Or-
es nördlichen Deutschlands wohl noch tiefer herabging, als
hre 1795, die dort nur auf wenige Stunden beschränk-
ıöchsten Grade der Hitze aber schwerlich genau aufge-
net worden sind, so darf man annehmen, dafs im südlichen
ıchland die Extreme nicht über + 37°,5 und — 28°, im
ichen aber nicht über + 38° und — 32° C. hinausgehn. Dafs
Extreme jedoch zu jeder Zeit nur auf einzelne Districte
ränkt sind, wenn gleich die Temperatur im Ganzen den
ichen Charakter allgemeiner zeigt[2], unterliegt keinem Zwei-
da im Februar 1827 das Maximum der Kälte in Frank-
geringer war als hier in Heidelberg und in Heidelberg
ıger als in Carlsruhe, statt dafs am 23sten Jan. 1823 das
mometer hier bis — 17°, in Frankfurt dagegen bis
1°,25 herabging. W. Brandes[3] stellt folgende am 31sten
1783 beobachtete, keineswegs mit den Breitengraden der
übereinstimmende Temperaturen zusammen: in Würz-
— 27°,5, in Regensburg — 25°, in Mannheim und Göt-
n — 22°,5, in Metz, Prag und Sagan — 21°,5, in Paris,
terdam, Franecker und Hamburg — 20°, im Elsafs — 23°,75,
Danzig und Berlin — 16°,75. Auch die Gröfse der Oscil-
nen im Ganzen weichen in Europa zwischen dem 48sten
54sten Breitengrade nicht unbedeutend von einander ab,
aus folgender Tabelle von Egen[4] deutlich hervorgeht.

---

1 Allgem. Lit. Zeit. 1807. Int. Bl. S. 572.
2 Auch hiervon giebt es Ausnahmen; denn unter andern waren
Monate Mai, Juni und Juli des Jahres 1836 hier zu Heidelberg
ehmend trocken und daher auch warm, in Göttingen bis Ham-
; hin aber feucht und insofern auch kalt.
3 Beiträge zur Witterungskunde. S. 215.
4 Berghaus Annalen. Th. V. S. 327.

Ungarns, nur sind keine genauen Messungen darüber bekannt. Inzwischen versichert Wimmer[1] an mehreren Tagen Morgens 25°, um 2 Uhr Nachmittags 42°,5 und Abends 27°,5 C. beobachtet zu haben, und dennoch sey an eben jenen Orten in der Nacht vom 29sten auf den 30sten Januar 1816 der Weingeist gefroren. Ist hier nur von mäfsig reinem Spiritus die Rede, so würde es doch auf eine Kälte von — 40° bis — 50° C. schliefsen lassen. Dort, wie in den tropischen Continenten, wechseln heifse Tage mit kühlen Nächten. Zu Cheissac in der Auvergne[2], 470 Meter über dem Meere, war 1833 das Maximum am 13ten Aug. = 27°,5 und das Minimum am 2ten Jan. = 2°,7. Für Paris unter 48° 50′ N. B. geben Cassini[3] und Arago[4] die Maxima und Minima der Thermometerstände an; sie waren ersteres im Jahre 1793 am 8ten Juli = 38°,4, welchem das im Jahre 1803 mit 36°,7 am nächsten kam, und letzteres im Jahre 1793 am 25sten Januar = — 23°,5, welchem das am 13ten Januar 1709 von — 23°,1 sich am meisten nähert. Zu Strafsburg unter 48° 35′ wird als höchste Temperatur 35°,9 und als niedrigste die am 26sten Dec. 1798 beobachtete von — 25° C. angenommen. Zu Carlsruhe[5] unter 29° 1′ N. B. war in 44 Jahren die höchste Temperatur am 3ten Aug. 1783 = 36°,62 und die geringste am 18ten Febr. 1827 = — 26°,9. Hier in Heidelberg unter 49° 24′ N. B. war während 18 Jahren der höchste Thermometerstand am 14ten Juli 1832 = 36°,25 und der tiefste am 18ten Febr. 1827 = — 26°,25. Zu Arnstadt[6] unter 50° 49′ N. B. war während 10 Jahren die gröfste Wärme am 3ten August 1826 = 34°,75, das Minimum am 23sten Januar 1823 und 2ten Februar 1830 = — 28°,5. Man sieht schon aus diesen Angaben, dafs selbst in Deutschland die Maxima und Minima nicht auf gleiche Tage, ja sogar nicht in die nämlichen Jahre fallen, so dafs also selbst über einen so kleinen Landstrich die Temperatur durch partielle Ursachen bedingt

1 Berghaus Annalen 1836. Juni u. Juli. S. 332.
2 Annales d'Auvergne. T. VII. p. 144.
3 Mém. de l'Institut. T. IV. p. 360.
4 Ann. de Chim. et Phys. T. XXVII. p. 415.
5 Untersuchungen über das Klima und die Witterungsverhältnisse von Carlsruhe von Dr. Eisenlohr. S. 38.
6 Lucas in Kastner Archiv. Th. VIII. S. 48.

, obschon sich diese im Ganzen bald wieder ausgleichen. :obachtete auch VOIGT[1] zu Jena unter 50° 56′ N. B. am Juli 1807 die seit vielen Jahren ungewöhnliche Hitze 37°,5, in Leipzig unter 51° 20′ stieg dieselbe im Jahre auf 38° C. und als gröfste Kälte mafs HINDENBURG da- — 30° am 17. Dec. 1788, nachdem sie schon am 28sten 1785 = — 28°,5 gewesen war. Zu Böritz, 3 Stunden Meifsen, betrug die gröfste Kälte am 23sten Jan. 1795 — 31°,25, und da im Jahre 1827 die Kälte an einigen Ores nördlichen Deutschlands wohl noch tiefer herabging, als hre 1795, die dort nur auf wenige Stunden beschränköchsten Grade der Hitze aber schwerlich genau aufgenet worden sind, so darf man annehmen, dafs im südlichen ıchland die Extreme nicht über + 37°,5 und — 28°, im ichen aber nicht über + 38° und — 32° C. hinausgehn. Dafs Extreme jedoch zu jeder Zeit nur auf einzelne Districte ränkt sind, wenn gleich die Temperatur im Ganzen den ichen Charakter allgemeiner zeigt[2], unterliegt keinem Zweida im Februar 1827 das Maximum der Kälte in Frankgeringer war als hier in Heidelberg und in Heidelberg ıger als in Carlsruhe, statt dafs am 23sten Jan. 1823 das mometer hier bis — 17°, in Frankfurt dagegen bis 1°,25 herabging. W. BRANDES[3] stellt folgende am 31sten 1783 beobachtete, keineswegs mit den Breitengraden der übereinstimmende Temperaturen zusammen: in Würz- — 27°,5, in Regensburg — 25°, in Mannheim und Götn — 22°,5, in Metz, Prag und Sagan — 21°,5, in Paris, terdam, Franecker und Hamburg — 20°, im Elsafs — 23°,75, Danzig und Berlin — 16°,75. Auch die Gröfse der Oscillnen im Ganzen weichen in Europa zwischen dem 48sten 54sten Breitengrade nicht unbedeutend von einander ab, aus folgender Tabelle von EGEN[4] deutlich hervorgeht.

---

1 Allgem. Lit. Zeit. 1807. Int. Bl. S. 572.

2 Auch hiervon giebt es Ausnahmen; denn unter andern waren Monate Mai, Juni und Juli des Jahres 1836 hier zu Heidelberg ehmend trocken und daher auch warm, in Göttingen bis Ham- ; hin aber feucht und insofern auch kalt.

3 Beiträge zur Witterungskunde. S. 215.

4 Berghaus Annalen. Th. V. S. 327.

Ungarns, nur sind keine genauen Messungen darüber bekannt. Inzwischen versichert WIMMER[1] an mehreren Tagen Morgens 25°, um 2 Uhr Nachmittags 42°,5 und Abends 27°,5 C. beobachtet zu haben, und dennoch sey an eben jenen Orten in der Nacht vom 29sten auf den 30sten Januar 1816 der Weingeist gefroren. Ist hier nur von mäfsig reinem Spiritus die Rede, so würde es doch auf eine Kälte von — 40° bis — 50° C. schliefsen lassen. Dort, wie in den tropischen Continenten, wechseln heifse Tage mit kühlen Nächten. Zu Cheissac in der Auvergne[2], 470 Meter über dem Meere, war 1833 das Maximum am 13ten Aug. = 27°,5 und das Minimum am 2ten Jan. = 2°,7. Für Paris unter 48° 50′ N. B. geben Cassini[3] und ARAGO[4] die Maxima und Minima der Thermometerstände an; sie waren ersteres im Jahre 1793 am 8ten Juli = 38°,4, welchem das im Jahre 1803 mit 36°,7 am nächsten kam, und letzteres im Jahre 1793 am 25sten Januar = — 23°,5, welchem das am 13ten Januar 1709 von — 23°,1 sich am meisten nähert. Zu Strafsburg unter 48° 35′ wird als höchste Temperatur 35°,9 und als niedrigste die am 26sten Dec. 1798 beobachtete von — 25° C. angenommen. Zu Carlsruhe[5] unter 29° 1′ N. B. war in 44 Jahren die höchste Temperatur am 3ten Aug. 1783 = 36°,62 und die geringste am 18ten Febr. 1827 = — 26°,9. Hier in Heidelberg unter 49° 24′ N. B. war während 18 Jahren der höchste Thermometerstand am 14ten Juli 1832 = 36°,25 und der tiefste am 18ten Febr. 1827 = — 26°,25. Zu Arnstadt[6] unter 50° 49′ N. B. war während 10 Jahren die gröfste Wärme am 3ten August 1826 = 34°,75, das Minimum am 23sten Januar 1823 und 2ten Februar 1830 = — 28°,5. Man sieht schon aus diesen Angaben, dafs selbst in Deutschland die Maxima und Minima nicht auf gleiche Tage, ja sogar nicht in die nämlichen Jahre fallen, so dafs also selbst über einen so kleinen Landstrich die Temperatur durch partielle Ursachen bedingt

---

1 Berghaus Annalen 1836. Juni u. Juli. S. 382.
2 Annales d'Auvergne. T. VII. p. 144.
3 Mém. de l'Institut. T. IV. p. 360.
4 Ann. de Chim. et Phys. T. XXVII. p. 415.
5 Untersuchungen über das Klima und die Witterungsverhältnisse von Carlsruhe von Dr. EISENLOHR. S. 38.
6 LUCAS in Kastner Archiv. Th. VIII. S. 48.

, obschon sich diese im Ganzen bald wieder ausgleichen.
:obachtete auch VOIGT[1] zu Jena unter 50° 56′ N. B. am
Juli 1807 die seit vielen Jahren ungewöhnliche Hitze
37°,5, in Leipzig unter 51° 20′ stieg dieselbe im Jahre
auf 38° C. und als gröfste Kälte mafs HINDENBURG da-
— 30° am 17. Dec. 1788, nachdem sie schon am 28sten
1785 = — 28°,5 gewesen war. Zu Böritz, 3 Stunden
Meifsen, betrug die gröfste Kälte am 23sten Jan. 1795
— 31°,25, und da im Jahre 1827 die Kälte an einigen Or-
es nördlichen Deutschlands wohl noch tiefer herabging, als
hre 1795, die dort nur auf wenige Stunden beschränk-
öchsten Grade der Hitze aber schwerlich genau aufge-
net worden sind, so darf man annehmen, dafs im südlichen
chland die Extreme nicht über + 37°,5 und — 28°, im
ichen aber nicht über + 38° und — 32° C. hinausgehn. Dafs
Extreme jedoch zu jeder Zeit nur auf einzelne Districte
ränkt sind, wenn gleich die Temperatur im Ganzen den
ichen Charakter allgemeiner zeigt[2], unterliegt keinem Zwei-
da im Februar 1827 das Maximum der Kälte in Frank-
geringer war als hier in Heidelberg und in Heidelberg
ger als in Carlsruhe, statt dafs am 23sten Jan. 1823 das
mometer hier bis — 17°, in Frankfurt dagegen bis
1°,25 herabging. W. BRANDES[3] stellt folgende am 31sten
1783 beobachtete, keineswegs mit den Breitengraden der
übereinstimmende Temperaturen zusammen: in Würz-
— 27°,5, in Regensburg — 25°, in Mannheim und Göt-
n — 22°,5, in Metz, Prag und Sagan — 21°,5, in Paris,
terdam, Franecker und Hamburg — 20°, im Elsafs — 23°,75,
Danzig und Berlin — 16°,75. Auch die Gröfse der Oscil-
nen im Ganzen weichen in Europa zwischen dem 48sten
54sten Breitengrade nicht unbedeutend von einander ab,
aus folgender Tabelle von EGEN[4] deutlich hervorgeht.

---

1 Allgem. Lit. Zeit. 1807. Int. Bl. S. 572.

2 Auch hiervon giebt es Ausnahmen; denn unter andern waren
Monate Mai, Juni und Juli des Jahres 1836 hier zu Heidelberg
ehmend trocken und daher auch warm, in Göttingen bis Ham-
; hin aber feucht und insofern auch kalt.

3 Beiträge zur Witterungskunde. S. 215.

4 Berghaus Annalen. Th. V. S. 327.

Ungarns, nur sind keine genauen Messungen darüber bekannt. Inzwischen versichert WIMMER[1] an mehreren Tagen Morgens 25°, um 2 Uhr Nachmittags 42°,5 und Abends 27°,5 C. beobachtet zu haben, und dennoch sey an eben jenen Orten in der Nacht vom 29sten auf den 30sten Januar 1816 der Weingeist gefroren. Ist hier nur von mäſsig reinem Spiritus die Rede, so würde es doch auf eine Kälte von — 40° bis — 50° C. schlieſsen lassen. Dort, wie in den tropischen Continenten, wechseln heiſse Tage mit kühlen Nächten. Zu Cheissac in der Auvergne[2], 470 Meter über dem Meere, war 1833 das Maximum am 13ten Aug. = 27°,5 und das Minimum am 2ten Jan. = 2°,7. Für Paris unter 48° 50′ N. B. geben Cassini[3] und ARAGO[4] die Maxima und Minima der Thermometerstände an; sie waren ersteres im Jahre 1793 am 8ten Juli = 38°,4, welchem das im Jahre 1803 mit 36°,7 am nächsten kam, und letzteres im Jahre 1793 am 25sten Januar = — 23°,5, welchem das am 13ten Januar 1709 von — 23°,1 sich am meisten nähert. Zu Straſsburg unter 48° 35′ wird als höchste Temperatur 35°,9 und als niedrigste die am 26sten Dec. 1798 beobachtete von — 25° C. angenommen. Zu Carlsruhe[5] unter 29° 1′ N. B. war in 44 Jahren die höchste Temperatur am 3ten Aug. 1783 = 36°,62 und die geringste am 18ten Febr. 1827 = — 26°,9. Hier in Heidelberg unter 49° 24′ N. B. war während 18 Jahren der höchste Thermometerstand am 14ten Juli 1832 = 36°,25 und der tiefste am 18ten Febr. 1827 = — 26°,25. Zu Arnstadt[6] unter 50° 49′ N. B. war während 10 Jahren die gröſste Wärme am 3ten August 1826 = 34°,75, das Minimum am 23sten Januar 1823 und 2ten Februar 1830 = — 28°,5. Man sieht schon aus diesen Angaben, daſs selbst in Deutschland die Maxima und Minima nicht auf gleiche Tage, ja sogar nicht in die nämlichen Jahre fallen, so daſs also selbst über einen so kleinen Landstrich die Temperatur durch partielle Ursachen bedingt

1 Berghaus Annalen 1836. Juni u. Juli. S. 382.
2 Annales d'Auvergne. T. VII. p. 144.
3 Mém. de l'Institut. T. IV. p. 360.
4 Ann. de Chim. et Phys. T. XXVII. p. 415.
5 Untersuchungen über das Klima und die Witterungsverhältnisse von Carlsruhe von Dr. EISENLOHR. S. 38.
6 LUCAS in Kastner Archiv. Th. VIII. S. 48.

, obschon sich diese im Ganzen bald wieder ausgleichen.
:obachtete auch Voigt[1] zu Jena unter 50° 56′ N. B. am
Juli 1807 die seit vielen Jahren ungewöhnliche Hitze
37°,5, in Leipzig unter 51° 20′ stieg dieselbe im Jahre
auf 38° C. und als gröfste Kälte mafs Hindenburg da-
— 30° am 17. Dec. 1788, nachdem sie schon am 28sten
1785 = — 28°,5 gewesen war. Zu Boritz, 3 Stunden
Meifsen, betrug die gröfste Kälte am 23sten Jan. 1795
— 31°,25, und da im Jahre 1827 die Kälte an einigen Or-
es nördlichen Deutschlands wohl noch tiefer herabging, als
hre 1795, die dort nur auf wenige Stunden beschränk-
iöchsten Grade der Hitze aber schwerlich genau aufge-
net worden sind, so darf man annehmen, dafs im südlichen
ichland die Extreme nicht über + 37°,5 und — 28°, im
ichen aber nicht über + 38° und — 32° C. hinausgehn. Dafs
Extreme jedoch zu jeder Zeit nur auf einzelne Districte
ränkt sind, wenn gleich die Temperatur im Ganzen den
ichen Charakter allgemeiner zeigt[2], unterliegt keinem Zwei-
da im Februar 1827 das Maximum der Kälte in Frank-
geringer war als hier in Heidelberg und in Heidelberg
iger als in Carlsruhe, statt dafs am 23sten Jan. 1823 das
mometer hier bis — 17°, in Frankfurt dagegen bis
1°,25 herabging. W. Brandes[3] stellt folgende am 31sten
1783 beobachtete, keineswegs mit den Breitengraden der
übereinstimmende Temperaturen zusammen: in Würz-
— 27°,5, in Regensburg — 25°, in Mannheim und Göt-
n — 22°,5, in Metz, Prag und Sagan — 21°,5, in Paris,
terdam, Franecker und Hamburg — 20°, im Elsafs — 23°,75,
anzig und Berlin — 16°,75. Auch die Gröfse der Oscil-
nen im Ganzen weichen in Europa zwischen dem 48sten
54sten Breitengrade nicht unbedeutend von einander ab,
aus folgender Tabelle von Egen[4] deutlich hervorgeht.

---

1 Allgem. Lit. Zeit. 1807. Int. Bl. S. 572.

2 Auch hiervon giebt es Ausnahmen; denn unter andern waren
Monate Mai, Juni und Juli des Jahres 1836 hier zu Heidelberg
ehmend trocken und daher auch warm, in Göttingen bis Ham-
; hin aber feucht und insofern auch kalt.

3 Beiträge zur Witterungskunde. S. 215.

4 Berghaus Annalen. Th. V. S. 327.

Ungarns, nur sind keine genauen Messungen darüber bekannt. Inzwischen versichert WIMMER[1] an mehreren Tagen Morgens 25°, um 2 Uhr Nachmittags 42°,5 und Abends 27°,5 C. beobachtet zu haben, und dennoch sey an eben jenen Orten in der Nacht vom 29sten auf den 30sten Januar 1816 der Weingeist gefroren. Ist hier nur von mäfsig reinem Spiritus die Rede, so würde es doch auf eine Kälte von — 40° bis — 50° C. schliefsen lassen. Dort, wie in den tropischen Continenten, wechseln heifse Tage mit kühlen Nächten. Zu Cheissac in der Auvergne[2], 470 Meter über dem Meere, war 1833 das Maximum am 13ten Aug. = 27°,5 und das Minimum am 2ten Jan. = 2°,7. Für Paris unter 48° 50′ N. B. geben Cassini[3] und ARAGO[4] die Maxima und Minima der Thermometerstände an; sie waren ersteres im Jahre 1793 am 8ten Juli = 38°,4, welchem das im Jahre 1803 mit 36°,7 am nächsten kam, und letzteres im Jahre 1793 am 25sten Januar = — 23°,5, welchem das am 13ten Januar 1709 von — 23°,1 sich am meisten nähert. Zu Strafsburg unter 48° 35′ wird als höchste Temperatur 35°,9 und als niedrigste die am 26sten Dec. 1798 beobachtete von — 25° C. angenommen. Zu Carlsruhe[5] unter 29° 1′ N. B. war in 44 Jahren die höchste Temperatur am 3ten Aug. 1783 = 36°,62 und die geringste am 18ten Febr. 1827 = — 26°,9. Hier in Heidelberg unter 49° 24′ N. B. war während 18 Jahren der höchste Thermometerstand am 14ten Juli 1832 = 36°,25 und der tiefste am 18ten Febr. 1827 = — 26°,25. Zu Arnstadt[6] unter 50° 49′ N. B. war während 10 Jahren die gröfste Wärme am 3ten August 1826 = 34°,75, das Minimum am 23sten Januar 1823 und 2ten Februar 1830 = — 28°,5. Man sieht schon aus diesen Angaben, dafs selbst in Deutschland die Maxima und Minima nicht auf gleiche Tage, ja sogar nicht in die nämlichen Jahre fallen, so dafs also selbst über einen so kleinen Landstrich die Temperatur durch partielle Ursachen bedingt

1 Berghaus Annalen 1836. Juni u. Juli. S. 332.
2 Annales d'Auvergne. T. VII. p. 144.
3 Mém. de l'Institut. T. IV. p. 360.
4 Ann. de Chim. et Phys. T. XXVII. p. 415.
5 Untersuchungen über das Klima und die Witterungsverhältnisse von Carlsruhe von Dr. EISENLOHR. S. 38.
6 LUCAS in Kastner Archiv. Th. VIII. S. 48.

, obschon sich diese im Ganzen bald wieder ausgleichen. obachtete auch VOIGT[1] zu Jena unter 50° 56′ N. B. am Juli 1807 die seit vielen Jahren ungewöhnliche Hitze 37°,5, in Leipzig unter 51° 20′ stieg dieselbe im Jahre auf 38° C. und als gröfste Kälte mafs HINDENBURG da- — 30° am 17. Dec. 1788, nachdem sie schon am 28sten 1785 = — 28°,5 gewesen war. Zu Boritz, 3 Stunden Meifsen, betrug die gröfste Kälte am 23sten Jan. 1795 — 31°,25, und da im Jahre 1827 die Kälte an einigen Or- es nördlichen Deutschlands wohl noch tiefer herabging, als hre 1795, die dort nur auf wenige Stunden beschränk- löchsten Grade der Hitze aber schwerlich genau aufge- net worden sind, so darf man annehmen, dafs im südlichen ıchland die Extreme nicht über + 37°,5 und — 28°, im ichen aber nicht über + 38° und — 32° C. hinausgehn. Dafs Extreme jedoch zu jeder Zeit nur auf einzelne Districte ränkt sind, wenn gleich die Temperatur im Ganzen den ichen Charakter allgemeiner zeigt[2], unterliegt keinem Zwei- da im Februar 1827 das Maximum der Kälte in Frank- geringer war als hier in Heidelberg und in Heidelberg ıger als in Carlsruhe, statt dafs am 23sten Jan. 1823 das mometer hier bis — 17°, in Frankfurt dagegen bis 1°,25 herabging. W. BRANDES[3] stellt folgende am 31sten 1783 beobachtete, keineswegs mit den Breitengraden der übereinstimmende Temperaturen zusammen: in Würz- — 27°,5, in Regensburg — 25°, in Mannheim und Göt- n — 22°,5, in Metz, Prag und Sagan — 21°,5, in Paris, terdam, Franecker und Hamburg — 20°, im Elsafs — 23°,75, Danzig und Berlin — 16°,75. Auch die Gröfse der Oscil- nen im Ganzen weichen in Europa zwischen dem 48sten 54sten Breitengrade nicht unbedeutend von einander ab, aus folgender Tabelle von EGEN[4] deutlich hervorgeht.

1 Allgem. Lit. Zeit. 1807. Int. Bl. S. 572.
2 Auch hiervon giebt es Ausnahmen; denn unter andern waren Monate Mai, Juni und Juli des Jahres 1836 hier zu Heidelberg ehmend trocken und daher auch warm, in Göttingen bis Ham- ; hin aber feucht und insofern auch kalt.
3 Beiträge zur Witterungskunde. S. 215.
4 Berghaus Annalen. Th. V. S. 327.

Arago[1] bemerkt dabei, dafs die Temperatur des Himmelsraumes, die zwischen — 52° und — 53° angenommen wird, geringer seyn müsse, als die tiefsten auf der Erde gemessenen Temperaturen, allein Poisson hält es für möglich, dafs die Atmosphäre kälter sey als der Himmelsraum, eine Hypothese, die schwerlich Beifall finden dürfte, wie denn überhaupt die schwach begründete Annahme einer in jenen unbekannten Regionen herrschenden constanten Temperatur mit den angegebenen Messungen nicht wohl vereinbar scheint.

ε) Bestimmung der jährlichen mittleren Temperatur.

Aus den bisher zusammengestellten Thatsachen geht unzweifelhaft hervor, dafs die jährliche mittlere Temperatur der verschiedenen Orte keineswegs ausschliefslich von den Breitengraden derselben abhängt, aufserdem aber weder alle Jahre sich gleich ist, noch stets den nämlichen Gang befolgt. Es möge die Betrachtung des ersteren Satzes dem folgenden Abschnitte vorbehalten bleiben, um hier zuerst den Gang der jährlichen, nach gewissen Perioden veränderlichen Wärme kennen zu lernen. Verschiedene Gelehrte haben seit der durch Al. v. Humboldt und L. v. Buch gegebenen Anregung des Eifers für diese streng wissenschaftlichen Forschungen schätzbare Beiträge zu diesen Untersuchungen geliefert, am vollständigsten und gründlichsten ist aber die ganze Aufgabe durch Kämtz[2] behandelt worden, und es wird also dem vorliegenden Zwecke am besten genügen, wenn ich die durch ihn erhaltenen Resultate ihrem wesentlichen Inhalte nach mittheile.

118) Man ist im Allgemeinen gewöhnt anzunehmen, dafs die Wärme von ihrem tiefsten Puncte, den sie meistens im Anfange des Jahres erreicht, allmälig wächst, in der Mitte des Jahres den höchsten Grad erlangt, den sie etwas länger mit einigen Schwankungen beibehält, um dann schneller wieder zum Anfangspuncte zurückzukehren, wonach sie also eine der täglichen Wärme ähnliche Curve beschreiben mufs. Bei

1 Compte rendu de l'Acad. des Sc. 1836. N. XXIV. p. 575. Poggendorff Ann. XXXVIII. 235.

2 Meteorologie. Th. I. S. 117 ff.

einiger Ueberlegung gewahrt man bald, dafs beide Arten des Verhaltens Folge des regelmäfsig wechselnden Standes der Sonne sind, und hieraus ergiebt sich dann sofort, dafs der jährliche Wechsel nur aufserhalb der Wendekreise unter mittleren und höheren Breiten statt finden kann, statt dafs unter dem Aequator selbst ein zweifacher Uebergang vom Maximum zum Minimum vorhanden seyn müfste. Allerdings stellen sich bei anhaltend fortgesetzten Beobachtungen beide Paare der Extreme dort heraus, und es würden sich hierüber noch bestimmtere Resultate erhalten lassen, wenn wir aus Orten in geringer Entfernung vom Aequator hinlänglich lange anhaltende Beobachtungen benutzen könnten. Inzwischen hängen die Wechsel der Temperatur in jenen Gegenden so sehr von anderweitigen Bedingungen, namentlich den Windrichtungen und den Veränderungen des Feuchtigkeitszustandes der Atmosphäre ab, dafs dadurch die Regelmäfsigkeit der Wechsel gröfstentheils verschwindet. Um aber zu sehn, wie der doppelte jährliche Wechsel allmälig in einen einfachen übergeht, stelle ich die monatlichen Mittel aus Orten diesseit und jenseit des Aequators tabellarisch zusammen und wähle dazu die vom Cap[1] unter 33° 55′ 15″ S. B. nach Beobachtungen von 1810, 1811 und 1812, von Isle de France unter 20° 9′ 45″ S. B. nach …slit Geofroy[2] aus 8jährigen Beobachtungen, von Batavia unter 6° 12′ S. B. nach Dr. Kriel[3], zu Seringapatam unter 12° 45′ N. B. 76° 51′ östl. L. nach Foggo[4], zu Hawaii unter 19° 30′ N. B. 155° 15′ W. L. nach den Beobachtungen der Missionäre[5], zu St. Croix auf Teneriffa unter 28° 28′ 30″ N. B. 16° 16′ 48″ W. L. nach F. Escolar[6] und zu Funchal auf Madeira unter 32° 38′ N. B. 16° 56′ W. L. nach Heineken[7].

---

1 Freycinet Voyage. T. I. p. 352.
2 Ebend. p. 367.
3 Edinburgh Phil. Journ. N. XII. p. 351.
4 Edinb. Journ. of Science. N. X. p. 256.
5 Ebend. p. 370.
6 Edinburgh Phil. Journ. N. XIX. p. 187.
7 Edinburgh Journ. of Sc. N. XIX. p. 73.

Monat	Cap-stadt	Isle de France	Batavia	Seringapatam	Hawaii	St. Croix	Fun...
Januar	24°,39	28°,48	26°,11	22°,52	21°,11	17°,69	14
Februar	23,22	28,26	26,67	26,49	21,67	17,94	1-
März	21,81	27,56	26,67	27,62	22,22	19,54	16
April	19,30	26,52	26,11	29,71	22,78	19,62	16
Mai	15,73	24,06	26,67	30,27	24,44	22,29	18
Juni	14,29	21,91	25,00	26,67	25,56	23,27	2(
Juli	14,64	21,42	25,56	24,64	25,56	25,15	2..
August	15,78	21,14	26,11	23,05	26,11	26,05	22
September	16,30	22,23	26,11	25,41	25,56	25,24	21
October	17,46	23,45	25,00	26,11	25,56	23,70	19
November	21,21	25,68	23,89	24,58	24,44	21,35	1(
December	22,27	27,59	26,11	23,05	22,22	19,06	1:

Unter diesen Orten zeigt kaum Batavia einen dopp-
Wechsel, aufser dem abermaligen Sinken der Temperatu
October und November, wobei im Gegensatze das Steigen d-
selben im October zu Seringapatam sich bemerklich macht.
Isle de France und Hawaii, obgleich noch innerhalb der W-
dekreise, ist schon der Uebergang von einem Maximum zu
nem Minimum kenntlich. Bezieht sich die Untersuchung
auf Orte unter mittleren und höheren Breiten, so tritt ne
einiger Unregelmäfsigkeit in den Schwankungen der Gang
Wärme von einem Maximum zu einem Minimum stets sich
hervor. Cotte[1] folgert aus seinen zahlreichen Beobachtu..
hinsichtlich des mittleren Ganges der jährlichen Temperat..
Frankreich, dafs die mittlere Wärme vom Frühlinge bis
Sommersolstitium 6°,75 C. geringer ist, als die vom Somm
solstitium bis zur Herbstnachtgleiche. In jener Periode
dann die höchste Temperatur auf den 9ten Juni fallen
20°,75 C. betragen, in dieser aber auf den 19ten August
24°,25, dagegen die niedrigste in jener mit 5°,25 auf
24sten März, in dieser mit 16°,62 auf den 16ten Septe
Auf gleiche Weise fand er die mittlere Temperatur vom W
tersolstitium bis zur Frühlingsnachtgleiche um 5° geringer
die vom Herbstäquinoctium bis zum Wintersolstitium, w
die gröfste Wärme für die erste Periode mit 7°,85 auf
17ten März, für die zweite mit 17°,9 C. auf den 22sten

1 Journ. de Phys. T. XLI. p. 368. XLIV. 233.

tember fällt, die beiden Minima dagegen von — 1° C. und
9,62 fallen auf den 5ten Januar und den 5ten December. Als
mittlerer Zeitpunct der gröfsten Hitze und gröfsten Kälte end-
lich soll der von 6 Wochen nach den beiden Solstitien gelten.
Wir dürfen also nach dem Resultate vieler verglichenen Be-
obachtungen für alle Orte unter mittleren und höheren Brei-
ten einen einmaligen Wechsel als Regel für die jährliche
Wärme-Curve annehmen. Um diese genauer zu bestimmen,
hat KÄMTZ die monatlichen Mittel der Beobachtungen an vie-
len Orten unter verschiedenen südlichen und nördlichen Brei-
ten, namentlich zu Enontekis, Christiania, Upsala, Fort Sul-
livan, Manchester, Paris, Turin, Padua, Rom, Capstadt, Fort
Johnston und Abusheher zusammengestellt und nach der mehr-
erwähnten, oben §. 76 bereits angegebenen Formel berechnet.
Giebt man jedem Monate eine Länge von 30 Tagen und heifst
T_n die dem nten Monate entsprechende Temperatur, die so-
mit dem 15ten Tage deselben zugehört, so ist

$$T_n = t + u \operatorname{Sin.}(n.30° + v) + u' \operatorname{Sin.}(n.60° + v').$$

Wird das Jahr aber mit dem ersten Tage des Januars ange-
fangen, so ist

$$T_n = t + u \operatorname{Sin.}[(n+\tfrac{1}{2})30° + v - 15°] + u' \operatorname{Sin.}[(n+\tfrac{1}{2})60° + v' - 30°].$$

Für die Tage, an denen die mittlere Temperatur $= t$ eintritt,
ist $T_n = t$ und also

$$0 = u \operatorname{Sin.}[(n+\tfrac{1}{2})30° + v - 15°] + u' \operatorname{Sin.}[(n+\tfrac{1}{2})60° + v' - 30°],$$

für die Extreme aber ist

$$0 = u \operatorname{Cos.}[(n+\tfrac{1}{2})30° + v - 15°] + 2u' \operatorname{Cos.}[(n+\tfrac{1}{2})60° + v' - 30°].$$

KÄMTZ[1] hat für alle die angegebenen Orte die monatlichen
Temperaturen nach Bestimmung der Constanten berechnet, wo-
bei der gröfste wahrscheinliche Fehler nicht mehr als 0°,629
(für Enontekis) beträgt, und es ergiebt sich dann aus der
grofsen Uebereinstimmung aller der erhaltenen Formeln unter
sich das merkwürdige Resultat, dafs die Ab- und Zunahme
der Wärme für alle mittlere Temperaturen von — 2°,86 bis
+ 19°,03 sehr nahe das nämliche Gesetz befolgt. Zuerst findet
sich dann, dafs u bis auf einen unmerklichen Unterschied
$= \frac{1}{2}(M - m)$ ist, wenn M das Maximum und m das Mini-

[1] Meteorologie. Th. I. S. 128. Vergl. Schweigger Jahrb. LV.
128 ff.

mum. bezeichnen, ferner weichen die Hülfswinkel v so wenig von einander ab, dafs die Unterschiede füglich als Folge der noch immer unvollkommenen Beobachtungen gelten können, und somit kann der mittlere Werth $v = 248° 54'$ als allgemein richtig gelten. Gröfsere Abweichungen zeigen die Constanten u' und v', weil diese theils einen geringeren Einflufs auf die Bestimmung der mittleren Wärme haben, sie selbst aber durch die Unregelmäfsigkeiten im Gange der Temperatur stärker afficirt werden. Wird aber auch u' als eine Function von $M - m$ angenommen und $u' = p\,(M - m)$ gesetzt, so geben die Mittel der für die einzelnen Orte aufgefundenen Formeln $u' = \frac{1}{10}(M - m)$ und $v' = 353° 46'$, wonach die oben gegebene Formel für die dem nten Monate zukommende mittlere Temperatur folgende bequeme Gestalt erhält

$$T_n = t + \tfrac{1}{2}(M - m)\,\mathrm{Sin.}\,[(n + \tfrac{1}{2})\,30° + 248° 54']$$
$$+ \tfrac{1}{10}(M - m)\,\mathrm{Sin.}\,[(n + \tfrac{1}{2})\,60° + 353° 46'].$$

Vermittelst dieser Formel hat Kämtz für die oben angegebenen Orte die Tage aufgesucht, an denen die Maxima und Minima statt finden, und da die ersteren zwischen dem 18ten Juli und dem 4ten August, die letzteren zwischen dem 3ten und 24sten Januar schwanken, so kann man im Mittel den 26sten Juli als heifsesten und 14ten Januar als kältesten Tag betrachten, denen dann auf der südlichen Halbkugel umgekehrt der 14te Januar und der 26ste Juli entsprechen. Auf gleiche Weise schwanken die Tage der jährlichen Mittel zwischen dem 18ten April und 3ten Mai, so wie zwischen dem 14ten und 26sten October, welches als Mittel den 24sten April und 21sten October giebt. Diese Tage hat schon früher v. Humboldt[1] aus Beobachtungen annähernd bezeichnet und übereinstimmend mit Kirwan[2] gefolgert, dafs die mittlere Temperatur jedes dieser Monate der jährlichen mittleren sehr nahe kommen mufs. Kämtz hat aber genauer bestimmend gezeigt, dafs der Monat April die jährliche mittlere Temperatur etwas zu klein, der October dagegen etwas zu grofs giebt, beide vereint aber die Abweichungen bis auf einen verschwindenden Antheil wieder ausgleichen[3].

1 Mém. d'Arcueil. T. III. p. 554.

2 Physisch-chemische Schriften von Crell. Th. III. S. 129.

3 Nach Quetelet in Mém. sur les Variations diurne et annu-

119) Für die praktische Anwendung haben diese Resultate ·· einen geringen Nutzen, könnten sogar zu bedeutenden ·rthümern führen, wenn man glaubte, die Maxima und Mi·ima müfsten jedes Jahr und an jedem Orte auf die angege·nen Tage fallen oder man bedürfe nur der Beobachtungen ·ährend eines der genannten Monate, um die mittlere jähr·iche Temperatur zu erhalten. So weit darf man, wie sich ·n selbst versteht, die im Allgemeinen richtige Regel nicht ·dehnen; denn wir hatten namentlich 1837 einen so kalten ·pril und 1834 einen so warmen October, dafs hieraus be·utend unrichtige Bestimmungen hervorgehn müfsten. Weit ·htigere Resultate würde man schon durch die Vereinigung ·ider Monate erhalten. Inzwischen gehören die eben ange·benen Jahre ohnehin zu den absichtlich gewählten abwei·enden, die Untersuchung soll vorzüglich nur den im All·meinen regelmäfsigen Gang der jährlichen Temperatur nach·eisen, und wäre es gleich sehr gewagt, aus der Wärme ei·s einzelnen Tages die mittlere ganzjährliche bestimmen zu ·llen, so läfst sich doch aus Beobachtungen eines oder meh·er Monate die mittlere jährliche Temperatur um so richtiger ·den, je gröfser die Zeit ist, welche die Beobachtungen um·sen. Kämtz ist durch diese Beobachtungen zu einem in·ern höchst fruchtbaren Resultate gelangt, als es uns in den ·nd setzt, die mittleren jährlichen Temperaturen derjenigen ·e in sehr genäherten Werthen aufzufinden, an denen Rei·de nur einige Monate Beobachtungen angestellt haben. Ge·ät es wären von einem gegebenen Orte A nur dreimonatli·n Beobachtungen vorhanden und man wollte daraus die ·ifse M—m finden, so dient dazu folgendes Verfahren. Es ·r die Temperatur am Orte A

im Januar	= 10°,78		
im Mai	= 17,71	Unterschied	= 6°,93
im September	= 21,57	- -	= 3,86
		Summe der Unterschiede	= 10°,79.

·a Température cet. p. 19. fällt zu Brüssel und Maestricht das Ma·m auf den 15,6 Juli, das Minimum auf den 12,9 Januar, die bei·Mittel aber auf den 17,6 April und 14,0 October; nach Beobach·en auf dem Observatorium zu Brüssel von 1833 bis 1836 sind diese Termine der 14,4 Juli, 12,0 Januar, der 25,8 April und 18,6 ·ber.

An einem andern Orte B, wo die Gröſse $M' - m'$ bekannt ist, war die Temperatur

im Januar $= 7°,78$
im Mai $= 17,77$ Unterschied $= 9°,99$
im September $= 20,76$ - - $= 2,99$

Summe der Unterschiede $= 12°,98$.

Für B ist $M' - m' = 15°,89$, mithin ist für A die Gröſse $M - m = 15°,89 \times \frac{10,79}{12,98} = 13°,34$. Wird dieser Werth in die zuletzt angegebene Formel eingeführt, da T_n für die Monate Januar, Mai und September bekannt ist, so ergiebt sich die mittlere Temperatur, und wenn diese x heiſst, so ist aus den erhaltenen Werthen von T_n im

Januar $10°,78 = x - 6°,40$,
Mai $17,71 = x + 2,24$,
September $21,57 = x + 4,16$.

Die Summe durch 3 dividirt giebt $x = 16°,69$. Die so gefundene mittlere Temperatur weicht in den von Kämtz geprüften Fällen von der aus ganzjährigen Beobachtungen erhaltenen nur unmerklich ab. Kämtz hat ein noch einfacheres Verfahren angegeben, um aus der bekannten Gröſse $M - m$, wenn diese aus den Beobachtungen einzelner Monate auf die eben gezeigte Weise gefunden worden ist, die mittlere jährliche Temperatur zu finden. Bei dem regelmäſsigen Gange der Wärme muſs es nämlich einen constanten Factor geben, welcher mit $M - m$ multiplicirt diejenige Gröſse giebt, die zu jeder monatlichen Temperatur addirt oder von ihr subtrahirt die ganzjährliche mittlere giebt. V. Horner in Zürich hat diese Factoren berechnet und das Zeichen + oder — bestimmt, ob das erhaltene Product (aus $M - m$ und dem Factor) zu der gegebenen monatlichen addirt oder von ihr subtrahirt werden soll.

Januar	+ 0,4837	Mai	— 0,1698	September	— 0,3135
Februar	+ 0,4233	Juni	— 0,3849	October	— 0,0388
März	+ 0,2743	Juli	— 0,5107	November	+ 0,2368
April	+ 0,0658	August	— 0,4902	December	+ 0,4241.

120) Die Anwendung dieser Hülfsmittel setzt einen regelmäſsigen Gang der jährlichen Temperatur voraus, welcher

doch nicht immer statt findet, denn wie die Curve der täglichen Wärme ausnahmsweise bedeutende Abweichungen von der gewöhnlichen Regel zeigt, ebenso ist dieses auch bei derjenigen der Fall, welche den Gang der jährlichen bezeichnet. Brandes[1] hat zuerst diesen Gegenstand einer näheren Prüfung unterworfen, woraus sich ergiebt, daſs die Curve der jährlichen Wärme, wenn man die mittleren Temperaturen von zu 5 Tagen als Ordinaten anwendet, noch bedeutende Unregelmäſsigkeiten zeigt, es sey denn, daſs die mittleren Werthe aus vieljährigen Beobachtungen genommen werden, in welchem Falle eine gröſsere Regelmäſsigkeit zum Vorschein kommt, die auch dann der Fall ist, wenn man sich der Mittel von zu 10 Tagen bedient. Um dieses darzuthun, hat Brandes die fünftägigen Mittel mehrjähriger Beobachtungen zu Petersburg, Stockholm, Cuxhaven, Zwanenburg, London, Mannheim, Wien, St. Gotthard, Rochelle und Rom in einer Tabelle zusammengestellt, denen Kämtz[2] noch die zu Königsberg, Paris, Carlsruhe und Frankfurt a. M. hinzugefügt hat; da jedoch die Resultate der einzelnen Jahre von diesem allgemeinen Mittel stets noch zu sehr abweichen, als daſs sich der Gang der Temperatur nach der allgemeinen Regel mit nur [illegible]der Sicherheit im voraus bestimmen lieſse, so begnüge ich mich, die für die Theorie wichtigen Hauptgesetze mitzutheilen. Von Anfang Januars an nimmt die Kälte meistens [illegible] etwas zu, bis die Wärme von der Mitte dieses Monates steigt, vom 12ten bis 17ten Februar an jedoch wieder etwas abnimmt, demnächst wieder steigt, im März aber durch [illegible] kalte Luftströmungen abermals zurückgehalten wird, [illegible] ihren Einfluſs um so viel später zeigen, je weiter die Orte [illegible]lich entfernt liegen. Von Mitte März an steigt die Wärme schneller, als gegen die Zeit des längsten Tages, und im [allge]meinen lassen sich zwei Perioden der gröſsten Hitze, die [eine] im letzten Drittel des Juli, die zweite geringere gegen Mitte des August annehmen. Inzwischen hat Kämtz über[zeug]end dargethan, daſs durch die Vereinigung vieljähriger [Beob]achtungen diese doppelte Periode verschwindet und der [heiſ]ste Tag zwischen den 25sten Juli und 3ten August fällt.

---

1 Beiträge zur Witterungskunde. Leipz. 1820. 8. S. 1 ff.
2 Meteorologie. Th. II. S. 50.

Von hier an nimmt die Wärme regelmäfsiger ab, jedoch langsam, und erhält sich, namentlich im September, wegen herrschender südlicher Luftströmungen, oft eine längere Zeit constant. Die Beschaffenheit der Curve der jährlichen Wärme unter niedrigen und hohen Breiten ist aus den monatlichen mittleren Temperaturen zu entnehmen.

ζ) Isothermen.

121) Die bisherigen Untersuchungen zeigen genügend, dafs die mittlere Wärme der einzelnen Orte nicht überall gleichmäfsig mit der Entfernung vom Aequator nach den Polen hin abnimmt; auch sind schon[1] die durch Al. v. Humboldt angegebenen *Isothermen*, *isothermischen Linien* (*bandes isothermes*) genannt worden, durch welche diese Ungleichheiten sehr anschaulich dargestellt werden. Wenn wir diesen Gegenstand hier nochmals, mit Berücksichtigung der neuesten hierüber gemachten Erfahrungen, in nähere Betrachtung ziehn, so verdient sogleich im Eingange berücksichtigt zu werden, dafs selbst die Temperatur unter dem Aequator nicht überall dieselbe, sondern unter den verschiedenen Längengraden ungleich ist. Man hat viele Mühe darauf verwandt, die mittlere Wärme unter dem Aequator genau zu bestimmen, um dann durch einen allgemeinen analytischen Ausdruck die mit den Breitengraden abnehmende Wärme zu bezeichnen. A. v. Humboldt bestimmte in seine gelehrten Untersuchungen über die isothermischen Linien[2] die mittlere Temperatur unter dem Aequator im Niveau des Meeres zu 27°,5 C.; Kirwan hatte sie = 26° angegeben, Brewster für Africa zu 28°,22, für Asien u. America aber zu 27°,5. Hiergegen erklärte sich Atkinson und erhielt mit Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate aus v. Humboldt's eigenen Angaben im Mittel 29°. Dieser Einwurf zog eine abermalige Untersuchung der Frage durch Brewster[4] nach sich, woraus das Resultat hervorging, dafs v. Humboldt's Angabe der Wahrheit so nahe kommt

1 S. Art. *Erde*. Bd. III. S. 1006.
2 Mém. de la Soc. d'Arcueil. T. III. p. 512.
3 Transact. of the Astron. Soc. T. II. p. 137 ff.
4 Edinburgh Journ. of Science N. XI. p. 117.

[illegible] möglich, indem dabei die Temperaturen zu Senegambien, [illegible]dras, Batavia und Manilla, reducirt nach der Formel

$$\text{Aequatorial - Temp.} = \frac{\text{Beob. Temp.}}{\text{Cos. Lat.}}$$

zu Grunde gelegt worden seyen, statt dafs ATKINSON blofs die [illegible]icanischen Beobachtungen benutzt habe. Aus einer aberma[illegible] Prüfung der genauen Beobachtungen zu Ceylon, Batavia [illegible] Hawaii geht aber unverkennbar hervor, dafs die Tempe[illegible] unter der Linie nicht mehr als 27°,5 betragen könne. [illegible] weit gründlichere Prüfung der gemachten Einwürfe hat [illegible] v. HUMBOLDT[1] selbst angestellt. Hierin zeigt er zuerst, [illegible] bei der Frage über die mittlere Temperatur unter der Li[illegible], wenn man sich zu beiden Seiten um etwa 3 Breiten[illegible] entfernt, vorzüglich die Wärme des Oceans zu berück[illegible]igen sey, da kaum ein Sechstel dieser Zone aus Land be[illegible]. Auf beiden Seiten der Linie in 2°,5 bis sogar 6° Ab[illegible] trifft man einzelne Puncte, wo die Temperatur des Mee[illegible] sogar bis 30°,6 steigt, allein unter der Linie selbst, und [illegible]stlich in atlantischen Ocean, beträgt die Wärme des [illegible] nicht mehr als 28°,47 und die Luft über demselben [illegible] 1° bis 1°,5 kälter. Wenn ATKINSON ein hiervon ab[illegible]chendes Resultat erhielt, so lag die Ursache darin, dafs [illegible] Resultate der Beobachtungen wegen der Höhe und der [illegible] corrigirt wurden, wofür die Gesetze noch keineswegs [illegible] hinlänglicher Schärfe bestimmt sind. Es folgt dann nicht, [illegible] die mittleren Temperaturen nach beiden Seiten von die[illegible] S. B. und 3° N. B. einschliefsenden Zone gleichmäfsig [illegible]hmen, weil hierbei Localitäten mitwirken. So ist die [illegible] Wärme von Cumana[2] unter 10° 17′ N. B. = 28°, [illegible] die dürre umgebende Ebene viele Wärme verbreitet, so [illegible] also bei gröfserer Annäherung zum Aequator die Tem[illegible] durch gröfsere Feuchtigkeit in Folge der Waldungen [illegible] abnimmt. BREWSTER[3] wählte zur abermaligen Ermit-

1 Edinburgh Journ. of Science. N. XI. p. 136. Vergl. Essai po[illegible] sur l'Isle de Cuba. 1825. T. II. p. 79.

2 Nach genaueren Bestimmungen beträgt sie nur 27°,5 C., ohne dieses der Richtigkeit des hier aufgestellten Satzes Abbruch that. [illegible]belle.

3 Edinburgh Journ. of Science. N. XV. p. 60. Vergl. Wiener [illegible]chrift Th. IV. S. 335. Bibl. univ. T. XVII. p. 259.

telung der mittleren Temperatur unter dem Aequator drei sehr gelegene Orte, Singapore unter 1° 24′ N. B., Malacca unter 2° 16′ und Prinz-Wallis-Insel unter 5° 25′ N. B., von denen mehrjährige genaue Beobachtungen vorhanden sind. Diese gehörig reducirt, um die richtige mittlere tägliche Wärme zu erhalten, geben die Temperatur unter dem Aequator nur = 26°,34 C., und da die vier Orte Ceylon, Batavia, Hawaii und die Halbinsel Malay sie gleichfalls nur = 26°,85 geben, so hat v. HUMBOLDT ganz recht, wenn er annimmt, sie betrage im Mittel nicht mehr als 27°,5, wobei jedoch bemerkt werden muſs, daſs sie im Innern von Africa am höchsten ist, was BREWSTER bei der Bestimmung seiner klimaterischen Formel nicht unberücksichtigt gelassen hat.

122) Da die Temperatur mit der Entfernung vom Aequator abnimmt, so war man stets bemüht, das Gesetz dieser Abnahme aufzufinden, nicht sowohl um ohne Beobachtung die mittlere Wärme der Orte auf beiden Hemisphären zu wissen, als vielmehr um die aus der zunehmenden Schiefe der anfallenden und daher stets weniger erwärmenden Sonnenstrahlen theoretisch abgeleiteten Folgerungen durch die Erfahrung zu prüfen. Hätte man die mittlere Temperatur eines der Pole, namentlich des nördlichen, worauf sich alle diese Untersuchungen beziehen, durch Erfahrungen aufzufinden vermocht und wäre dieser zugleich der eigentliche Punct der gröſsten Kälte, wie man früher anzunehmen pflegte, so hätte sich leicht vermittelst einiger zwischenliegender Puncte die Curve der abnehmenden Wärme bestimmen lassen, allein da diese Bedingungen, namentlich die erstere, die man früher als die einzige betrachtete, fehlten, so muſste man umgekehrt die Temperatur des Poles aus dem Gesetze der Wärmeabnahme unter zunehmenden Breiten zu ermitteln suchen. Die Bemühungen der Gelehrten um die Auffindung dieses Gesetzes sind bereits erwähnt worden[1], im Ganzen aber belohnt sich jetzt die Mühe nicht die hierüber aufgestellten Theorieen von HALLEY[2], MAIRAN[3]

1 S. *Erde*. Bd. III. S. 993.

2 Philos. Trans. for 1693.

3 Mém. de l'Académie. 1719 u. 1765.

Euler[1], Lambert[2], Tob. Mayer[3] und Kirwan[4] genauer nen zu lernen, weil alle auf die unrichtige Voraussetzung es einzigen Kältepoles gegründet sind. Wir können uns r also nur an die Untersuchungen der neueren Zeit halten.

A. v. Humboldt[5] hat das Gesetz der Wärmeabnahme er zunehmenden Breiten von einer interessanten Seite auf- llt. Dafs dieselbe dem Quadrate des Cosinus der Breite Allgemeinen proportional sey, ist wohl in Gemäfsheit der für vorhandenen theoretischen Gründe nicht in Abrede zu llen, und hieraus folgt dann schon von selbst, dafs sie zwi- en dem 40sten und 50sten Breitengrade am gröfsten sey. Abnahme der mittleren Temperatur beträgt

im westlichen Theile des alten Continents	im östlichen Theile des neuen Continents
20° bis 30° N.B. ... 4°,00 C.	von 20° bis 30° N.B. ... 6°,25 C.
- 30 — 40 — ... 4,50 -	— 30 — 40 — ... 7,12 -
- 40 — 50 — ... 7,12 -	— 40 — 50 — ... 9,00 -
- 50 — 60 — ... 5,50 -	— 50 — 60 — ... 7,25 -

Dieser Umstand," sagt v. Humboldt, „hat wohlthätig auf n Culturzustand der Völker gewirkt, welche jene milden, e dem mittleren Parallelkreise durchschnittenen Gegenden wohnen. Dort grenzt das Gebiet des Weinbaues an das ebiet der Oelbäume und der Orangen. Nirgend anders auf m Erdboden sieht man (von Norden gegen Süden fort- reitend) die Wärme schneller mit der geographischen Breite nehmen; nirgend anders folgen schneller auf einander die schiedenartigsten vegetabilischen Producte, als Gegenstände s Garten- und Ackerbaues. Diese Heterogeneität belebt die dustrie und den Handelsverkehr der Völker."

Inzwischen geht aus der Zusammenstellung der ungleichen rmeabnahme an der Westküste des alten und an der Ost- te des neuen Continents schon genügend hervor, dafs ein einschaftlicher Ausdruck für beide nicht statt finden kann,

1 Comment. Petrop. T. II.
2 Pyrometrie oder vom Mafse des Feuers und der Wärme. Berl. . 4.
3 De variationibus thermometri accuratius definiendis. Opp. . T. I.
4 Estimate of the Temperature of the Globe. chap. 3.
5 Poggendorff XI. 1 ff.

und dafs daher die bereits erwähnten Formeln, die diese Verschiedenheit nicht einschliefsen und sich auf einen einzigen Kältepol beziehen, den Resultaten der Beobachtungen nicht genügen können, wie dieses auch bei der durch ATKINSON[1] zunächst in Beziehung auf America gegebenen der Fall ist, wonach in Graden der Fahrenheit'schen Scale

$$T = 91°,08 \, Cos.^{\frac{3}{2}} Lat. - 10°,53$$

seyn soll. Diese Ansicht theilt auch KÄMTZ[2], welcher deswegen die Formel von KIRWAN[3] verwirft, wonach in Fahrenheit'schen Graden

$$T = 84° + 53° \, Sin.^2 Lat.$$

seyn soll und deren sich EKGESTRÖM[4] und KUPFFER[5] zur Bestimmung der Bodentemperatur bedient haben. E. SCHMIDT[6] bringt für Centesimalgrade den Ausdruck:

$$T = a + b \, Sin. 2 \, Lat. + c \, Cos. 2 \, Lat.$$

in Vorschlag, bestimmt die Constanten aus den Messungen zu Cumana unter 10° 27′ = 27°,7, Paris unter 48° 50′ = 11°,0 und auf dem Nordcap unter 71° 30′ = 0°,1 und erhält sonach

$$T = 12°,6 + 0,6 \, Sin. 2 \, Lat. + 16,1 \, Cos. 2 \, Lat.$$

oder mit Weglassung des zweiten unbedeutenden Gliedes

$$T = 13°,67 + 17°,13 \, Cos. 2 \, Lat.,$$

welcher jedoch nur für das westliche Europa pafst und wonach die mittlere Temperatur des Aequators = 30°,8, des Pols aber — 3°,46 seyn würde. KÄMTZ kehrt zu der einfachen Formel, wonach

$$T = a + b \, Cos.^2 Lat.$$

gesetzt wird, zurück und bestimmt vermittelst der Beobachtungen an verschiedenen, unter zunehmenden nördlichen Breiten und einander nahen Meridianen liegenden, Orten die Constanten, die aber nach den oben Abschn. δ. mitgetheilten Untersuchungen beträchtlich von einander abweichen müssen, ja selbst auf einem Länderzuge, welcher von Cumana unter 10°, 17′ N. B. bis Fort Sullivan unter 44° 44′ N. B. durch America hinläuft, ist es un-

1 Transact. of the Astronom. Soc. T. II. p. 137 ff.

2 Meteorologie Bd. II. S. 88.

3 Physisch-chemische Schriften. Berl. 1783. 8. Th. III. S. 152.

4 Physiographiske Sällskapets Arsberättelse. Lund 1823. p. 31 Nach KÄMTZ.

5 Poggendorf XV. 181.

6 Mathem. u. phys. Geographie. Th. II. S. 356.

h, auffallende Abweichungen der beobachteten und be-
:en Werthe zu vermeiden. Inzwischen sind diese Unter-
gen wichtig, insofern sie zur genaueren Bestimmung der
›n Wärme unter dem Aequator dienen, die hierdurch an
estküste Africa's = 27°,85, an der Ostküste America's
74, nach Messungen in Hindostan = 27°,62 und im gro-
:ean = 27°,27 gefunden wird. Hierdurch findet v. Hum-
's Annahme eine gewichtige Stütze. Ob aber die mittlere
ratur des Aequators nach der Meinung dieses Gelehrten im
der grofsen Continente gleichfalls nicht höher sey oder
›r bereits erwähnten Ansicht von Brewster[1], welcher auch
: beitritt, dort allerdings höher ist, darüber läfst sich
nicht früher entscheiden, als bis aus jenen Gegenden
nde Beobachtungen vorhanden sind; denn allerdings
ıamentlich in Africa die Wärme durch die Einwirkung
wechselnd ganz oder fast ganz lothrechten Sonnenstrah-
glaublich gesteigert, allein dagegen sinkt auch eben dort
vissen Zeiten, und namentlich oft bei Nacht, die Tem-
r bis zu einer Tiefe herab, die sie in America, und
›ndere über dem Meere, nie erreicht, wie dieses im er-
en Abschnitte genügend nachgewiesen worden ist. Kämtz
zwar aus den Beobachtungen zu Kouka unter 12° 11′ N. B.,
bbé in Darfur unter 14° 11′ N. B., zu Cairo unter 30°
B. und zu Tunis unter 36° 48′, die mittlere Temperatur
:quators im Innern von Africa = 29°,22, und sie würde
höher geworden seyn, wenn die Messungen von Algier
;enommen worden wären, allein hierbei sind die Beob-
ıgen an den ersten Orten zu sehr interpolirt, für den
:n sind nur Beobachtungen um 7 Uhr Morgens und 2 Uhr
ıittags vorhanden, die ein zu grofses Resultat geben, und
ı den beiden letzteren Orten sind für die Entscheidung
rage nicht zuverlässig genug; denn entfernt man sich in
über den Wendekreis hinaus, so wird die Wärme durch
eifsen Luftströmungen allzusehr gesteigert, als dafs sich
enaues Resultat erwarten liefse. Für die aufserhalb des
lekreises liegende Zone ergiebt sich gleichfalls aus den
reichen Bemühungen von Kämtz, *„dafs man genöthigt,
für Orte, die zu derselben Gruppe von Klimaten ge-*

---

[1] Edinburgh Journ. of Science. N. IV. p. 260.

„*hören, mehrere einzelne Ausdrücke zu entwickeln*," deren Constanten sehr verschieden sind, sich zu keinem allgemeinen Mittel vereinigen lassen und daher auch die Wärme des Poles höchst ungleich angeben. Inzwischen haben diese mühsamen Untersuchungen den grofsen Gewinn gebracht, dafs der eigentliche Lauf der *isothermischen Linien*, die v. HUMBOLDT sehr sinnreich zur Bezeichnung der Temperaturverhältnisse unter verschiedenen Breiten gewählt hat, hierdurch genauer und so genau, als die bis jetzt vorhandenen Beobachtungen erlauben, bestimmt ist. Dessenungeachtet müssen wir es aufgeben, aus dem Gesetze der Temperaturverminderung mit zunehmender Breite auf irgend einem von Süden nach Norden fortlaufenden Streifen der Erdoberfläche die Temperatur des Poles bestimmen zu wollen, weil die auf diese Weise erhaltenen Resultate nicht blofs ausnehmend verschieden sind, sondern auch mit unzweifelhaften Thatsachen im Widerspruch stehen. Dafs die Temperatur des Poles nicht = 0° C. seyn könne, wie T. MAYER, D'AUBUISSON und Andere annahmen, oder = — 0°,5 nach KIRWAN, geht aus der Lage der Isotherme von 0° C. einleuchtend hervor, die Bestimmung von — 3°,46 C. nach E. SCHMIDT könnte der Wahrheit näher kommen, allein sie ist blofs auf die Wärme-Abnahme an der Westküste des alten Continents gegründet. BREWSTER[1] legt später zu erwähnende Data zum Grunde und bestimmt sie hiernach zu — 11°,7. ARAGO[2] findet unter der Voraussetzung, dafs das Festland von Grönland bis zum Pole reiche, aus den Messungen zu Cumberland-House, Nain, Fort Enterprise, Winter-Island, Igloolik, und Melville — 52° C., aus denen zu Christiania, Edinburg und Eyafiord unter der Voraussetzung, dafs das Meer sich bis zum Pole erstrecke, — 18° C., und nimmt daher — 25° C. als ungefähres Mittel an. KÄMTZ endlich findet aus einer Linie, die durch Schottland und Island geht, die Temperatur des Poles = — 8°,35, aus einer an der Westküste von America hinlaufenden = — 7°,38 und aus einer an der Ostküste Asiens = — 8°,75 mit so genauer Uebereinstimmung, dafs das Mittel aus diesen drei Bestimmungen = — 8° C. der Wahrheit sehr nahe zu kommen scheint.

123) Die oben (Abschn. δ.) mitgetheilten Temperaturverhältnisse auf drei kenntlichen Streifen der Erdoberfläche, die

1 Edinburgh Journ. of Science. N. Ser. VIII. p. 316.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. XXVII. p. 434.

om Aequator, oder eigentlicher von den Wendekreisen an, dem hohen Norden erstrecken, führen unwidersprechlich m Resultate, dafs die Wärme auf den beiden durch das che und americanische Festland gehenden Länderstrecken ınehmender Breite schneller abnimmt, als auf der durch das ›ische Festland hinlaufenden, auf welcher zugleich die che Küste Europa's liegt. Zu einem ähnlichen Resultate ı Kämtz durch die Zusammenstellung der Temperaturen t, die Parry und Franklin im nördlichen Theile Amegemessen haben, aus denen, verglichen mit den Mesn bei und jenseit Spitzbergen, evident hervorgeht, dafs sotherme von — 10° C. den geographischen Nordpol mehr erreicht, sondern in einiger Entfernung von demı in sich selbst wieder zurückläuft, also einen kälteren umgiebt, als der geographische Pol selbst ist. Am ıten hat Brewster[1] das Problem richtig aufgefafst, nachbereits v. Humboldt die Unterscheidung des milderen n-Klima's im westlichen Europa vom Continental-Klima stlicher gelegenen Länder hervorgehoben hatte. Hierdurch e die Vorstellung eines einzelnen Punctes gröfster Kälte, ı sich alle Linien der abnehmenden Temperatur sonst ıigt haben würden, schwinden, und es mufste deren zwei ı, die durch Brewster genau bezeichnend *Kältepole* ınt wurden. Fernere Vergleichungen genau gemessener peraturen unter zunehmenden Breitengraden führten Brew-[2] zu dem Resultate, dafs die mittlere Wärme der Orte er Westküste des alten Continents auf einem Länderzuge, her vom Aequator aus von Funchal bis Cairo reicht, Itaund Frankreich in sich fafst, durch die Niederlande[3] über and hinläuft und dann die skandinavische Halbinsel bis einschliefst, durch die Formel in Fahrenheit'schen Graden

$$T = 81°{,}5 \text{ Cos. Lat.}$$

annähernd ausgedrückt werden kann. In der That ben die gröfsten Abweichungen der beobachteten Werthe den berechneten bei den 30 gewählten Orten nicht mehr

---

1 Edinburgh Philos. Trans. T. IX. p. 201.

2 Edinburgh Journal of Science. New Ser. N. VIII. p. 300.

3 Deutschland ist in den angegebenen Orten nicht mit begriffen, ischen weicht die mittlere Temperatur daselbst bekanntlich von in Frankreich nicht merklich ab.

als — 1°,76 F. (0°,976 C.) für Cairo und + 2°,88 F. (1°,6 C.) für Umeo, und es läſst sich auſserdem leicht erklären, daſs die mittlere Wärme zu Cairo wegen örtlicher Einflüsse zu groſs, die von Umeo aber zu klein gefunden wurde, wobei noch obendrein die Genauigkeit der Beobachtungen zweifelhaft scheinen könnte, da die Abweichung für das nördlicher und östlicher gelegene Uleo nur + 1°,11 F. (0°,616 C.) beträgt. Für die Zone von 70° bis 80° N. B. benutzte Scoresby seine zwar nur in den Sommermonaten angestellten Beobachtungen, die also für die Wintermonate interpolirt werden muſsten, und fand aus 650 Messungen für 76° 45′ N. B. die mittlere Temperatur = 18°,86 F. (— 7°,54 C.), für 78° N. B. aber 16°,99 F. (— 8°,33 C.) mit einer Abweichung von der Formel, welche nicht mehr als 0°,16 F. (0°,09 C.) und 0°,04 F. (0°,02 C.) beträgt, also füglich für verschwindend gelten kann. Mit Rücksicht auf den Einfluſs des vielen unter dem Pole angehäuften Eises findet Brewster die Temperatur des Poles = — 15°,12 C. Brewster vergleicht auſserdem die durch v. Humboldt aus einer Menge von Beobachtungen gefundenen mittleren Temperaturen für die Parallelen von 30° bis 60° N. B. nebst den beiden durch Scoresby bestimmten mit den Resultaten seiner Formel und erhält folgende auf Centesimalgrade reducirte Gröſsen:

Grade N. B.	Mittlere Temp. Beob.	Berechn.	Untersch.
30°	21°,40	21°,42	+0°,04
40	17,30	16,90	— 0,40
50	10,50	11,32	+ 0,82
60	4,79	4,86	+ 0,07
76 45′	—7,31	—7,41	— 0,10
78	—8,33	—8,37	— 0,04

Die positiven und negativen Unterschiede heben sich fast auf und sind auſserdem so klein, daſs man sie füglich als Folgen von Beobachtungsfehlern oder örtlichen Einflüssen ansehen kann, woraus sich dann sogleich ergiebt, daſs die der Formel zum Grunde liegende mittlere Temperatur des Aequators = 81°,5 F. (27°,5 C.) die richtige seyn müsse. Ein ganz abweichendes Resultat der mittleren Temperaturen stellt sich aber heraus, wenn man die in der neuen Welt angestellten Beobachtungen mit den eben angegebenen zusammenstellt. Es ergeben sich dann für die verschiedenen Breitengrade folgende mittlere Temperaturen in Centesimalgraden.

Grade N. B.	Mittlere Temp. Alte Welt.	Neue Welt.	Untersch.
30°	21°,40	19°,40	2°,00
40	17,30	12,50	4,80
50	10,50	3,30	7,20
60	4,79	—4,60	9,39

ich würde der Pol eine Kälte haben, wie sie nach den Gegend von Spitzbergen angestellten thermometrischen ngen unmöglich statt finden kann.

24) Mit Recht bemerkt Brewster, dafs die Ursachen gleichen mittleren Temperaturen der Orte unter gleichen n höherer nördlicher Breite, aber verschiedenen Graden nge noch nicht theoretisch bestimmt sind und wir uns vorerst blofs an die Beobachtungen halten müssen. Nach tischen Gründen müfste die Wärme dem Quadrate des s der Breite proportional abnehmen, weswegen auch die n Gelehrten der Formel von Tob. Mayer beipflichteten, s bleibt immer merkwürdig, dafs der von Brewster lte Ausdruck, worin die einfache Potenz des Cosinus reite enthalten ist, für den wärmsten Erdstrich an der üste des alten Continents so genau mit der Erfahrung nstimmende Resultate giebt. Die auf dieser Strecke durch ngen gefundenen mittleren Temperaturen und die hieraus erte Wärme des Nordpols, verglichen mit den Resultaten lessungen östlich und insbesondere westlich von diesem ten Erdstriche, führten unwidersprechlich zu dem Resulzwei *Kälte-Pole* oder *isothermale Pole*, wie sie auch nt werden, anzunehmen. Brewster versuchte daher, ittlere Wärme der Orte durch die Formel

$$T = 82°,8 \text{ Sin. } D.$$

drücken, worin D den Abstand vom Kältepole bezeichnet 82°,8 als mittlere Temperatur unter dem Aequator angeen wird, die dann zu dem Resultate führt, dafs die re Temperatur unter dem Kältepole = 0° F. (—17°,78 C.) müsse. Die Lage dieser Pole genau und ganz bestimmt eben, dazu fehlen die Beobachtungen, Brewster setzt h den transatlantischen (besser den westlichen oder ameschen) in 100° westlicher Länge von Greenwich, den schen (oder östlichen) aber in 95° östl. Länge und beide)° N. B., wonach also der westliche etwa 5° nördlich

von Graham Moore's Bai in das Polarmeer, der östliche aber nördlich der Bai von Taimura unweit des Nord-Ost-Caps liegen müfste. Indem er dann unter diesen Voraussetzungen für eine Menge Orte die Temperaturen berechnet und die erhaltenen Werthe mit den durch Beobachtungen gefundenen vergleicht, zeigt sich allerdings eine sehr genaue Uebereinstimmung, wenn die mittlere Temperatur des asiatischen Poles zu 1° F. (— 17°,22 C.), die des americanischen aber zu — 3°,5 F. (— 19°,7 C.) angenommen wird [1], wonach der analytische Ausdruck für diejenigen Orte, deren Temperatur aus ihrem Abstande vom asiatischen Pole gesucht wird, in Fahrenheit'schen Graden

$$T = 81°,8 \text{ Sin. } D + 1°$$

heifst, für diejenigen Orte aber, deren mittlere Temperatur aus ihrem Abstande vom americanischen Pole bestimmt werden soll,

$$T = 86°,3 \text{ Sin. } D - 3°,5,$$

wobei D den sphärischen Abstand vom Kältepole bezeichnet. Hiermit setzt dann Brewster die bereits erwähnte ungleiche Temperatur des Aequators in Verbindung, die in Africa ihr Maximum von 82°,8 F. (28°,22 C.), in Asien und America aber ihr Minimum von 81°,5 F. (27°,49 C.) haben soll; den Unterschied von 1°,3 F. (0°,73 C.) leitet er von den kalten Luftströmungen her, die von Canada und Sibirien aus dem Aequator zufliefsen. Hierbei stützt er sich namentlich auf einige Angaben von A. v. Humboldt [2], wonach in Folge der von der Hudsonsbai herkommenden Winde das Thermometer zu Vera Cruz bis 16° C. herabgeht und die temperirte Zone sich bis über den Wendekreis hinaus erstreckt. Auch an der Ostküste von Mexico mildern nördliche Luftströmungen die Hitze, so dafs das Thermometer bis 17° C. sinkt, ja die Temperatur erhielt sich zuweilen im Februar ganze Tage auf 21° zu Tabasco unter 18° N. B., während es zu Acapulco unter 16° 15' N. B., welches gegen die nördlichen Winde von Canada geschützt ist, 28° und 30° C. zeigte. Als eine durch solche

1 Nach den oben (d) mitgetheilten thermometrischen Messungen in Sibirien mufs ich bezweifeln, dafs der westliche Kältepol der kälteste sey, vielmehr liefsen sich Gründe für das Gegentheil auffinden.

2 In Essai politique sur la nouvelle Espagne.

ngen der Polarluft erzeugte, durchaus ungewöhnliche
ıglaubliche Erscheinung wäre denn zu betrachten, dafs
Jan. 1836 am Bord der Brigg Le Hussard neben Cuba,
3° N. B., das Thermometer auf — 12° C. sank, wenn
die Beobachtung richtig ist[1].

ɪᴇᴡsᴛᴇʀ bemerkt zuletzt, dafs zwar gute Resultate er-
werden, wenn man zwei Kältepole in gleichen Ab-
vom Aequator annimmt, allein es ist wohl möglich,
Beobachtungen noch genauer übereinstimmen, wenn
e in ungleiche Entfernungen vom Aequator und nicht
180 Grade von einander abstehend setzt, auch ihnen
:ht ganz gleiche Temperatur zueignet. Auf jeden Fall
sich aus ihrer Annahme die zahllosen Anomalieen der
n Wärme an Orten unter gleicher Breite, indem diese
lofs von der Einwirkung der Sonnenstrahlen abhängt,
durch anderweitige Einflüsse bedingt wird. Auf gleiche
haben vermuthlich auch die beiden magnetischen Pole
ngleichen Abstand vom geographischen Nordpole, sind
m höchst wahrscheinlich einander nicht diametral ge-
stehend und nicht von gleicher Stärke. Behutsam
sich Bʀᴇᴡsᴛᴇʀ über den Zusammenhang zwischen den
kältesten Puncten der Erde und den Magnetpolen, wel-
ie er meint, zwar nicht unmittelbar aus der Natur der
;efolgert werden könne, sich aber zu auffallend heraus-
ıls dafs er bei den naturphilosophischen Speculationen
n werden dürfe. Dafs dieses Zusammenfallen nur zu-
ey, geht nach seiner Ansicht schon aus den durch
ᴇʀ nachgewiesenen Umläufen der magnetischen Pole
deren einer hierzu 1740, der andere aber 860 Jahre
he. An diese allgemeine Idee knüpft Bʀᴇᴡsᴛᴇʀ dann
dere Hypothesen, namentlich die einer Wanderung der
le, ähnlich jener der magnetischen, weil ehemals die
n westlichen Europa so viel gröfser gewesen sey und
her wohl annehmen dürfe, dafs der jetzt durch Canada
thermische Meridian durch Italien gegangen sey. In-
n sind diese und andere Vermuthungen seitdem nicht
t worden, es fehlten damals dem wackern Gelehrten,
Aufgabe über die thermischen Verhältnisse der Erde

---

[1] Compte rendu. 1837. T. I. p. 294.

einen bedeutenden Schritt weiter gefördert hat, diejenigen Thatsachen, nach denen er verlangte und durch deren Combination bedeutend mehr Licht über das Ganze verbreitet wird, wie im folgenden Abschnitte gezeigt werden soll.

125) Brewster hat später in seiner Zeitschrift die Resultate seiner Formel mit den durch Beobachtung gefundenen mittleren Temperaturen an den verschiedensten Orten verglichen; auch durch Andere ist dieses geschehn, und es zeigt sich hierbei allezeit eine so genaue Uebereinstimmung, dafs die Richtigkeit der Hypothese im Ganzen unverkennbar daraus hervorgeht. Insbesondere mufste die angedeutete Idee über das Zusammenfallen der magnetischen Curven mit den isothermischen um so gröfsere Aufmerksamkeit erregen, je genauer der Zusammenhang zwischen der Wärme und dem Magnetismus nach den neuesten Entdeckungen des Thermomagnetismus sich herausgestellt hat, wonach nicht ohne triftige Gründe der Magnetismus unserer Erde als das Resultat ihrer täglich wechselnden Erwärmung durch die Sonnenstrahlen und die hierdurch hervorgerufene Thermoelektricität betrachtet wird[1]. Am frühesten hat Hansteen[2], dieser mit den Erscheinungen des tellurischen Magnetismus so innig vertraute Gelehrte, auf den Zusammenhang der mittleren Temperatur der Orte und ihrer Lage gegen die magnetischen Pole aufmerksam gemacht, indem er es als unzweifelhaft betrachtet, „dafs die Temperatur in der Nähe von „drei Magnetpolen[3] weit geringer ist, als an andern Orten der „Erde unter einer und derselben Breite, und dafs die drei Erscheinungen, die gröfsere magnetische Intensität, die niedrigere „Temperatur und das Polarlicht, eine gemeinschaftliche dynamische Ursache im Innern der Erde haben." Der letztere Zusatz, wonach die Ursache des Magnetismus in das Innere der Erde gesetzt wird, steht im Zusammenhange mit Hansteen's bekannter Theorie, die jedoch ungeachtet des grofsen

1 Vergl. *Magnetismus*. Bd. VI. S. 1079.

2 Untersuchungen über den Magnetismus der Erde u. s. w. Christiania 1819. 4. Vorrede. Vergl. Poggendorff XXVIII. 583.

3 Diese sind der americanische, der sibirische und der unter der Südspitze von America liegende; der vierte ist aus Mangel an Beobachtungen noch nicht bestimmt; auch scheint es mir noch immer problematisch, ob es auf der südlichen Hemisphäre gleichfalls zwei Magnetpole giebt.

verwandten Schatzes tiefgelehrter Forschungen nicht
altbar seyn kann, weil magnetische Polarität mit der
ings erwiesenen grofsen Hitze des Erdkerns ganz un-
lich scheint. Auch KUPFFER[1] wurde auf den Zusam-
ıg der isodynamischen und isothermischen Linien ge-
nsofern der tellurische Magnetismus durch die ungleiche
ratur unter den nämlichen Parallelen in der Art bedingt
afs die Puncte gröfserer Kälte mit den Puncten gröfserer
ischer Intensität zusammenfallen müssen, selbst wenn die
cht eigentlich thermoelektromagnetisch seyn sollte. Durch
uereBestimmung der magnetischen isodynamischen Linien
rch die neuesten thermometrischen Messungen der Ca-
Ross und BACK in Nordamerica, so wie durch HAN-
ERMAN und Andere in Sibirien, ist die Lage der Kälte-
her bestimmt worden, und man darf sie der Wahrheit
he kommend den americanischen zwischen den 95sten
sten Grad westlicher Länge von Greenwich und zwi-
len 68sten bis 74sten Grad N. B., den sibirischen aber
n den 115ten bis 130sten Grad östl. Länge, ungefähr
Meridian setzen, welcher zwischen den durch unge-
he Kälte ausgezeichneten Orten Krasnojarsk und Jakuzk
. Die nördliche Breite des letzteren scheint mir schwer
ıbar. Soll derselbe mit dem sibirischen Magnetpole
enfallen, so müfste er in etwa 80° N. B. anzutreffen
ızwischen vermuthe ich, dafs beide sibirische Pole, der
sche und der Kälte-Pol, etwas weiter vom Erdpole
ı und zwischen den 75sten bis 78sten Grad N. B.
Zur leichteren Uebersicht dient die nach v. HUMBOLDT[2]
nete graphische Darstellung der isothermischen Li-
die mindestens annähernd richtig sind. Eine Verglei-
erselben mit den Isoklinen und den isodynamischen Linien
dlichen Halbkugel[4] giebt die Ueberzeugung von dem na-
er vielmehr unmittelbaren Zusammenhange des magneti-
ınd thermischen Verhaltens auf diesem Theile der Erd-

Edinburgh Journ. of Science. New Ser. N. IV. p. 258.
Fragmente einer Geologie und Klimatologie Asiens. Berl. 1832.
Ergebnisse einiger neueren Bestimmungen sind bei der Zeich-
r Linien berücksichtigt worden.
S. die den Kupfertafeln beiliegenden Charten.
Auf Charte IV. des VI. Bds. 2. Abth.

oberfläche, und dafs beides mit der Theorie leicht vereinbar sey, wird im folgenden Abschnitte gezeigt werden.

126) Da es sehr interessant ist, die mittleren Temperaturen bekannter Orte zu kennen, so haben verschiedene Gelehrte dieselben tabellarisch zusammengestellt. Die erste ausführliche Arbeit dieser Art lieferte Kirwan [1], als eine Fortsetzung derselben ist eine Tabelle von Cotte [2] zu betrachten, welche eine zahlreiche Menge von Orten von 0° bis 60° N. B. in sich begreift, eine grofse Zahl weiterer Beiträge hierzu haben v. Humboldt [3], Arago [4], Boussingault [5] und Schön [6] geliefert. Toaldo [7] sammelte die Thermometerbeobachtungen von 26 Städten in Italien, stellte sie, jedoch ohne Kritik, in eine Tabelle zusammen und fand als allgemeines Mittel aus allen 10°,51 R. (13°,14 C.), die vollständigste Tabelle, worin nicht blofs die mittleren jährlichen, sondern auch die monatlichen, häufig durch Interpolation gefundenen Temperaturen und die der Jahreszeiten aufgenommen sind, findet sich in dem vielgenannten classischen Werke von Kämtz [8], auch hat Löwenberg seiner obengenannten Uebersetzung des Werkes A. v. Humboldt's [9] eine Tabelle beigegeben, welche 152 Orte enthält. Alle diese habe ich benutzt, wo mir nicht neuere und sicherere Beobachtungen zu Gebote standen, und sie in der nachfolgenden, nach der Observanz unseres Werkes alphabetisch geordneten Tabelle aufgenommen. Die Bestimmung der geographischen Lage der Orte ist nicht bei allen hinlänglich genau bekannt, ich habe jedoch diejenigen Angaben gewählt, die mir die sichersten schienen, auch ist der Meridian von Greenwich als erster angenommen. Die Temperaturen sind in Graden der 100theiligen Scale angegeben.

---

1 Estimate of the Temperature of different Latitudes. Lond. 1787. Vergl. Hutton Dictionary. Art. Atmosphäre.

2 Journ. de Phys. T. XXXIX. p. 28.

3 In dessen oft erwähnten Abhandlungen über Temperaturverhältnisse, in seinen Reiseberichten u. s. w.

4 Ann. de Chim. et Phys. T. XXVII.

5 Ann. de Chim. et Phys. T. LIII. p. 225.

6 Witterungskunde.

7 Saggio di Padova. T. III. p. 216.

8 Meteorologie. Th. II. S. 88.

9 A. v. Humboldt's Fragmente einer Geologie und Klimatologie Asiens. Berl. 1832.

Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
57° 9'N.	2° 6' W.	——	— —	——	8°,64
60 27—	22 17 O.	0	— —	——	4,61
28 15—	50 54 —	——	— —	——	25,03
42 39—	73 47 W.	130	35°,56	—35°,60	10,56
36 48—	2 50 O.	0	——	——	21,28
52 22—	4 50 —	0	——	——	10,90
48 10—	11 15 —	2886	——	——	8,68
— ——	— — —	3231	——	——	23,80
5 30—	9 26 —	100	26,00	— 19,83	6,69
0 49—	10 48 —	849	34,75	— 28,50	9,25
0 17—	2 45 —	——	——	——	10,20
7 58—	23 46 —	0	——	——	15,50
2 55—	76 55 W.	——	34,44	— 20,55	8,86
1 50—	81 27 W.	——	34,44	5,56	22,35
1 20—	85 9 O.	215	——	——	26,02
37—	2 27 W.	0	21,11	— 8,33	9,26

1 Innes 1823 bis 1830 in Edinb. New Phil. Journ. N.

m vielj. Beob. in Poggendorff Ann. IV. 401.
1 Jukes in Malcolm History of Persia II. 505.
An Abstract of the Returns of meteorol. Observa-
ork 1825. Vergl. Edinb. Journ. of Sc. N. XVI. p.
250. N. VII. 78.
ab. S. 88.
Mohr u. van Swinden nach v. Humboldt in Mém.
p. 602.
tterungskunde.
ngen von Caldas nach Boussingault in Ann. de Chim.
225.
Collectanea meteorologica. Fasc. I. Hafn. 1829.

Kastner Archiv. Th. VIII. S. 48.
ot in Mém. d'Arcueil T. III. p. 580.
eob. von 1833 bis 1835 in l'Institut 5me Ann. N.

C. Rudd. S. Albany.
Militair-Aerzte d. nordam. Staaten, mitgeth. durch
ourn. of Sc. N. XX. p. 267.
Macritchie in d. J. 1827 u. 28. Edinb. New Phil.
p. 343.
Beobachtungen in Edinburgh Phil. Journ. N. XXIV.

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Barnaul[1] .	53°,20′ N.	83° 27′ O.	366	— —	— —	1°,73
Barranquilla[2] . .	11 0 —	— — W.	—	— —	— —	27,90
Batavia[3] .	6 12 S.	106 5 O.	0	30°,56	21°,67	27,78
Bâton Rouge[4] . .	30 36 N.	91 15 W.	—	36,67	—23,90	18,50
Bedford[5], New .	41 38 —	70 56 —	—	33,33	—20,00	9,50
Belmont[6]	60 42 —	0 51 —	66	18,77	— 4,00	7,05
Benares[7]	25 20 —	83 5 O.	—	55,00	7,20	25,20
Benin[8], Bai	6 0 —	4 30 —	0	31,25	21,97	26,61
Bergen[9] .	60 24 —	5 18 —	54	26,00	—28,00	8,18
Berlin[10] .	52 31 —	13 23 —	106	35,00	—29,75	9,11
Bermuda[11]	32 30 —	65 0 W.	55	27,22	7,50	19,71
Bern[12] .	46 57 —	7 33 O.	1638	— —	— —	7,29
Bernhard[13]	46 43 —	8 23 —	7668	18,00	—23,90	—1,26
Bogoslowsk[14]	60 0 —	26 20 —	600	— —	— —	—1,50
Bombay[15]	18 58 —	72 38 —	0	32,78	15,00	24,86
Boston[16]	42 21 —	71 4 W.	—	38,89	—26,10	9,58

1 Ledebour's Reise I. 360.

2 Boussingault in Ann. Chim. et Phys. T. LIII. p. 225.

3 Kaiel in Edinb. Journ. of Sc. N. X. p. 269. Nach Reinwardt ist die mittlere Temp. 27°,78. S. ebend. N. XI. p. 119. Nach Kaiel ist sie 25°,86.

4 Silliman Amer. Journ. T. VI. p. 28.

5 Ebend. XVI. 46. XX. 162. XXII. 298.

6 Beobacht. von Scott in Edinburgh New Phil. Journ. N. V. p. 118.

7 Nach v. Humboldt in Edinb. Journ. of Sc. N. XI. p. 141. und Poggendorff Ann. XXIII. 94.

8 Maawood Kelli in Ann. of Phil. 1823. Mai p. 360.

9 Nach Bohr aus 6jährig. Beob. im Magazin for Naturvid. Bd. 1. Vergl. Bedemar Reise Th. I. S. 244. Th. II. S. 180.

10 Nach Maedler in l'Institut 1836. N. 178. Vergl. Mannheimer Ephemeriden.

11 Emmet aus einjährigen Beobachtungen in Lond. and Ed. Phil. Mag. N. LXXI. p. 41.

12 Furter in Bibl. univ. T. XXXIV. p. 48.

13 Bibl. univ. 1835. p. 408. 1837. Avril. p. 385.

14 Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 178.

15 Adie aus einjähr. corr. Beob. Edinb. Journ. of Sc. N. XVII. 17. XIX. 17.

16 Be. b. von 1820 bis 1830. Silliman Am. Journ. XX. 264.

Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
21°15′ S.	54°20′ O.	132	— —	— —	25°,04
14 50 N.	0 34 W.	0	— —	— —	13,60
73 15 —	— — —	0	1°,11	—42°,77	—15,60
16 39 —	48 43 W.	—	32,22	— 35,09	5,20
55 45 —	97 50 O.	—	— —	— 62,60	— —
54 20 —	20 0 —	50	29,22	— 17,62	7,98
51 6 —	17 2 —	311	32,00	— 35,00	8,27
8 10 —	4 35 W.	0	— —	— —	14,30
7 57 —	82 35 —	—	33,33	4,44	22,42
0 51 —	4 42 O.	178	35,00	— 20,70	10,80
3 53 —	69 55 W.	—	37,22	— 28,33	8,89
9 13 —	9 5 O.	0	— —	— —	16,63
0 3 —	60 18 —	0	43,12	— —	22,50
2 35 —	88 30 —	—	— —	— —	26,27
0 10 —	3 13 —	—	— —	— —	11,10
2 25 —	71 7 W.	—	33,87	— 24,37	10,20
3 3 —	73 42 —	210	33,33	— 31,66	8,66

Desmoulières in Hertha Th. IX. S. 65.
oldt in Mém. d'Arcueil T. III. p. 602.
Narrative of a second Exped.
Bericht.
in Berl. Zeit.
ungen im J. 1836 von Feldt in Poggendorff Ann.

über Wärmeentwickelung. S. 69.
ldt in Löwenberg's Tabelle.
Bericht.
Beob. in Quetelet Aperçu hist. des Observ. de Mé-
1834. 4. Bulletin de la Soc. de Brux. 1835. T. II.

Boyle in Edinb. New Phil. Journ. N. I. p. 113.
Th. VIII. S. 365. Th. IX. S. 178.
uet. S. Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 177.
ach Coutelle in Descript. de l'Égypte. 3me Liv. p.

ngen von Traill in As. Res. II. 421.
ldt in Mém. d'Arcueil. III. 350.
h Phil. Journ. N. XII. p. 360. Extreme aus Maan-
den.
Abstract of the Returns cet.

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med
Canaan Cottage[1] .	55°56′N.	3° 2′W.	300	27°,78	—11°,11	9°,01
Canandaigua[2] .	42 53 —	77 56 —	— —	34,44	— 17,78	9,29
Canea[3] (Creta)	35 29 —	24 12 O.	— —	— —	— —	17,94
Canton[4] .	23 12 —	113 2 —	— —	34,45	— 1,62	20,91
Capstadt[5]	33 55 S	18 44 —	0	38,80	5,00	18,92
Carbeth[6]	60 0 —	4 22 W.	450	— —	— —	8,34
Carlisle[7] .	54 55 N.	2 50 —	45	— —	— —	9,44
Carlscrona[8]	56 15 —	15 33 O.	0	— —	— —	8,50
Carmaux[9]	43 —	— — —	900	— —	— —	11,50
Carthagena[10]	10 15 —	75 30 W.	— —	— —	— —	27,30
Castle Toward[11]	55 57 —	3 0 —	300	26,11	— 2,22	9,46
Ceylon[12]	7 30 —	80 0 O.	— —	— —	— —	26,0[illegible]
ChapelHill[13]	38 54 —	79 20 W.	— —	— —	— —	15,06
Chapewyan[14]	55 43 —	111 18 —	— —	36,11	— 34,98	— 0,2[illegible]
Cheissac[15]	44 54 —	2 50 O.	1476	27,50	2,70	13,5[illegible]
Cherry Valley[16] .	42 48 —	75 6 W.	— —	35,56	— 27,77	7,82

1 Adie zweijähr. Beob. in Edinburgh Journ. of Sc. N. XII. p. 187.

2 H. Howe in Abstract of the Returns cet.

3 Sieber Reise nach Creta in Löwenberg's Tabelle.

4 Biblioth. univ. 1834. Août.

5 Vieljähr. Beobachtungen von Colebrooke in Edinb. Phil. Journ. N. XVI. p. 397. Vergl. Freycinet Voy. T. I. p. 352.

6 Vierjährige Beobachtungen in Edinburgh Phil. Journ. N. X. p. 394.

7 Atkinson in Edinburgh New Phil. Journ. N. XLI. p. 114.

8 Wahlenberg. S. Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 177.

9 Nach Cordier, ebend.

10 Nach Boussingault in Ann. Chim. Ph. LIII. 225.

11 Beob. von 1834 u. 1835 in Edinb. New Phil. Journ. N. XL. p. 113.

12 Mittel aus verschiedenen Beobachtungen auf d. Insel. Edinb. Journ. of Sc. N. XI. p. 119.

13 Dreijähr. Beob. von Caldwell aus Silliman Am. Journ. in Edinb. Journ. of Sc. N. XII. p. 249.

14 Aus Abstract of the Returns cet.

15 Mittagsbeob. von 1833 in Ann. d'Auvergne. VII. 144.

16 Beob. von W. Campbell in Abstract of the Returns cet.

Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
3° 0'N.	70° 0'W.	——	24°,00	0°,00	12°,50
9 55—	10 49 O.	36	——	——	5,33
5 9—	82 54 —	——	——	——	25,20
6 50—	9 30 —	1878	——	——	9,45
9 0—	92 20W.	0	——	——	— 3,87
9 6—	82 40 —	488	——	——	12,12
0 24—	87 14 —	——	35,00	—11,67	20,41
1 0—	72 19 —	——	33,33	—18,33	10,16
5 35—	——	——	28,60	— 7,78	8,47
4 11—	28 8 O.	——	——	——	27,21
3 30—	81 15 —	0	30,56	23,89	27,32
3 57—	81 7W.	0	——	——	10,60
) S.	15 0 O.	1360	——	——	25,26
1 25 N.	95 43W.	720	42,22	—29,44	10,45
3 20 S.	123 25 O.	0	35,70	23,00	28,50
3 N.	90 53W.	540	35,56	—33,33	10,57
3 28—	16 17 —	——	——	——	21,47
17—	65 15 —	0	33,00	26,54	27,50

CH Reisen in Südamerica. Weim. 1816. S. 404.
in Poggendorff Ann. XXVIII. 584.
Beob. in Edinburgh Phil. Journ. N. VIII. p. 442.
U. v. SALIS in WAHLENBERG de Veget. cet. p. LXX.
ON in Edinburgh Phil. Journ. N. XXIV. p. 200.
nat. and stat. View of Cincinnati. In Balbi Essai sur
). 117.
Bericht.
TON in Abstract of the Returns cet.
IE 8jähr. Beob. in Edinb. New Phil. Journ. N. XLIV.

Travels. p. 475. in Löwenberg's Tabelle.
GCO in Edinburgh Journ. of Sc. N. IX. p. 141.
in Edinburgh Journ. of Sc. N. XII. p. 351.
ob. nach KUPFFER in Poggendorff Ann. XV. 177.
Bericht.
Octob. von FREYCINET in Voyage. T. I. p. 558.
Bericht.
COLAS in Edinburgh Phil. Journ. N. XIX. 187.
ULT in Ann. de Chim. et Phys. T. LIII. p. 225. Vergl.
. Chim. et Ph. T. XXII. p. 303.

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Cumberland House[1]	54° 0′N.	102°15′W.	— —	30°,56	—42°,21	0°,01
Cuxhaven[2]	53 52 —	8 43 O.	0	32,50	— 21,50	8,56
Danzig[3]	54 20 —	18 37 —	0	— —	— —	6,20
Darwar[4] .	16 28 —	75 11 —	2400	— —	— —	23,90
Delaware[5]	42 17 —	75 16 W.	— —	33,89	— 27,21	8,26
Denainvilliers[6]	48 12 —	3 23 O.	— —	— —	— —	10,73
Dieuze[7] ..	48 48 —	6 47 —	— —	— —	— —	10,10
Dile[8] (Timor) .	10 22 S.	127 5 —	0	31,50	25,50	27,50
Domingo[9]	18 15 N.	70 0 W.	0	— —	— —	27,34
Drontheim[10]	63 26 —	10 23 O.	0	— —	— —	4,48
Dublin[11]	53 21 —	6 19 W.	— —	— —	— —	9,30
Dünkirchen[12]	51 2 —	2 22 O.	0	— —	— —	10,30
Düsseldorf[13]	51 15 —	6 45 —	120	— —	— —	10,64
Dutches[14]	41 41 —	74 45 W.	— —	34,44	— 21,11	12,55
Edinburg[15]	55 58 —	3 0 —	220	32,32	— 11,33	8,37
Elberfeld[16]	51 15 —	4 49 O.	407	35,00	— 25,00	10,03
Elgin[17] .	57 40 —	3 10 W.	0	— —	— —	6,90
Enontekis[18]	68 30 —	20 47 O.	1356	— —	— —	—2,86

1 Richardson in Edinburgh Phil. Journ. N. XXIV. p. 200.
2 Woltmann in Buek Hamburgs Clima u. Witterung S. 26.
3 Strehlke in Poggendorff Ann. XXXII. 166. Vergl. Kämtz Lehrb. Th. I. S. 350.
4 Christie in Edinburgh New Phil. Journ. N. X. p. 303.
5 Johnson in Abstract of the Returns cet.
6 V. Humboldt in Löwenberg's Tabelle.
7 Levallois in Ann. des Mines. IIIme Sér. T. III. p. 639.
8 Beob. im Octob. von Freycinet in Voyage T. I. p. 558.
9 Kretschmar Zeitschr. für d. gesammte Meteorol. Th. I. S. 148.
10 Berlin in Wahlenberg Flora Lapp. p. XLVI.
11 Beobacht. von 1823 und 1824 in Dublin Philos. Journ. N. I. p. 260.
12 V. Humboldt in Mém. d'Arcueil. T. III. p. 602.
13 Mardler im Düsseldorfer Wochenblatt.
14 Nach E. Fay in Abstract of the Returns cet.
15 Adie in Edinburgh Journ. of Sc.
16 Egen aus 12jähr. Beobachtungen in Berghaus Ann. V. 327.
17 Allan aus Beobacht. von 1836 in Edinburgh New Phil. Journ. N. XLIV. p. 371.
18 Beob. von Grape in Wahlenberg Flora Lapp. p. XLIV. Vergl. Edinb. Phil. Journ. N. XXIV. p. 200.

reite	Länge	Höhe F.	Max.	Min.	Med.
			Temperaturen		
°30′N.	113° 6′W.	—	25°,56	—49°,45	—9°,90
11—	6 27 O.	—	- -	- -	10,34
37—	73 58 W.	—	33,33	— 16,11	11,87
59—	10 0 O.	585	34,50	— 25,00	9,08
55—	— — —	—	- -	- -	26,40
30—	20 30 W.	0	- -	- -	0,18
6—	74 52 —	—	33,89	— 25,55	8,34
0—	7 0 —	—	22,49	— 7,56	7,62
58—	72 35 —	—	34,44	— 28,88	6,77
0—	91 53 —	0	21,11	— 68,61	—15,67
32—	9 58 O.	30	- -	- -	9,18
18—	123 0 W.	—	31,11	— 7,22	10,58
30—	71 13 —	—	35,56	— 25,55	7,01
12—	123 12 —	450	23,33	— 50,00	— 9,00
36—	6 22 O.	—	- -	- -	11,00

hardson in Edinburgh Phil. Journ. N. XXIV. p. 200.
de Thury aus der Quellentemperatur. S. Globe 1828.

n Abstract of the Returns cet.
Ephem.
ult in Ann. de Chim. et Phys. T. LIII. p. 225.
. Beobachtungen von Scherel's in Annals of Philos. T.

ungen von Kinnicut in Abstract of the Returns cet.
n 4jähr. Beobachtungen in Edinb. New Phil. Journ.

. von Martin Field 1829 u. 1831 in Silliman Amer.
. N. II. p. 366.
b. von 1830 u. 1831. S. oben Maxima u. Minima.
Berghaus Annalen Th. III. S. 387.
. Beobachtungen von Scoolsa in Edinburgh Journ. of
251.
act of the Returns cet.
on in Narrative of a second Expedition to the shores
a by John Franklin. Lond. 1828. App. II.
oldt in Mém. d'Arcueil. T. III. p. 602.

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Frankfurt[1] a. M. .	50° 7′N.	8°45′ O.	228	37°,50	—18°,00	9°,83
Fulda[2] .	50 34 —	9 40 —	834	- -	- -	8,28
Funchal[3]	32 36 —	16 56 W.	—	27,78	10,56	19,16
Genf[4] . .	46 12 —	6 9 O.	1212	36,25	— 21,75	9,46
George Town[5]	34 0 S.	42 40 —	—	- -	- -	17,85
Giwarten-Fiäll[6] .	5 0 N.	11 30 —	0	- -	- -	28,33
Goldküste[7]	66 0 —	13 20 —	1500	- -	- -	—3,75
Gosport[8]	50 48 —	1 6 W.	0	- -	- -	10,97
Gotha[9] .	50 56 —	10 44 O.	878	32,80	— 11,11	8,78
Gotthard[10]	46 30 —	8 35 —	6438	19,47	— 30,00	—1,05
Göttingen[11]	51 32 —	9 53 —	412	- -	- -	8,30
Graaf Reynet[12] .	32 11 S.	26 0 —	1050	37,78	1,11	16,77
Greenville[13]	42 25 N.	74 21 W.	—	33,33	— 27,21	9,25
Guayaquil[14]	2 11 S.	79 56 —	—	- -	- -	26,00
Guayra[15]	10 37 N.	67 7 —	—	- -	- -	27,50
Haag[16] .	52 3 —	4 20 O.	0	- -	- -	11,13
Halle[17] .	53 33 —	11 58 —	—	35,62	— 21,88	9,25

1 Meermann in Thilo über Pet. Meermann's thermometr. Beob. Frankf. 1821. 4. Im Jahre 1823 ging das Thermometer zu Frankf. bis — 21°,5 herab, wie oben erwähnt worden ist.

2 Heller's 11jähr. Beob. in Schübler's Meteorologie.

3 Heineken in Edinb. Journ. of Sc. N. XIX. p. 77. New Ser. N. I. p. 4.

4 Nach den letzten 38 Jahren in Bibl. univ. 1836. p. 408. Vergl. 1837. Avril. p. 368.

5 Aus Meteorological Diary (1821 u. 1822.) in Löwenberg's Tabelle.

6 Nach Wahlenberg aus Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 177.

7 Monrad Gemälde d. Küste von Guinea. Weim. 1824.

8 Burney in Ann. of Phil. von 1816 bis 1828.

9 Beob. von 1834 in Kastner Arch. IX. 40.

10 Brandes Beiträge zur Witterungskunde. S. 9.

11 V. Humboldt Mém. d'Arcueil. T. III. p. 602.

12 Beob. in 1818 u. 1819. von Knox. S. Edinb. Phil. Journ. N. XII. p. 385. Vergl. N. X. p. 280.

13 Wheeler in Abstract of the Returns cet.

14 Boussingault in Ann. Ch. et Phys. T. LIII. p. 225.

15 Ebend.

16 Van Swinden in Cotte Mém. T. II. p. 385.

17 Beobachtungen von Winkler in Schweigg. Journ.

Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
°33′N.	9°58′O.	36	36°,00	−29°,00	8°,90
48—	75 32 W.	—	35,00	— 28,83	8,03
38—	75 4 —	—	35,56	— 31,10	8,00
9—	82 13 —	0	32,30	10,00	25,62
30—	150 50 —	0	31,11	15,00	23,90
24—	8 41 O.	348	36,25	— 26,25	10,01
9—	5 30 W.	0	- -	- -	10,78
53 S.	147 35 O.	—	- -	- -	11,34
40N.	87 0 W.	540	37,78	— 38,88	6,94
15—	73 45 —	—	37,22	— 21,66	8,11
0—	17 33 —	0	- -	- -	25,00
2—	129 43 O.	270	30,00	— 60,00	−7,36
0—	76 45 W.	0	33,33	17,78	25,58
45—	44 20 O.	780	- -	- -	13,60
0—	18 3 —	1302	- -	- -	2,77
56—	11 37 —	—	- -	- -	8,45

burgs Klima. S. 26.
ngen von Z. Morse in Abstract of the Returns etc.
ebendas.
ch Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 177. u. Ramon
Kastner Archiv. Th. XV. S. 291.
der Missionaire in Edinburgh Journ. of Sc. N. X.

chtungen von 1818 bis 1836 am Morgen u. Abend um

Beobachtungen von 1822 bis 1824 u. von 1826 in Ann.

h Brisbane in Edinb. Journ. of Science N. III. p. 75.
: Winter 5°,7; Frühling 11°,6; Sommer 17°,2 und
Berghaus Ann. 12ter Jahrg. S. 366.
Bericht.
field ebendas.
ilton, s. Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 177.
Berghaus Ann. Th. V. S. 342. Uncorrigirt beträgt die
ur — 7°,25 C.
Beobachtungen in Edinburgh New Phil. Journ. N. IV.
dinb. Phil. Journ. N. XIV. p. 257.
Reise zum Ararat, Th. II. S. 50. Aus Quellen.
aus 4,5jähr. Beobachtungen in Neue Abh. d. schwed.
. 36.
Meteorologie S. 201.

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Jesup [1] (Cant.)	31°30'N.	93°47'W.	—	36°,11	—13°,89	20°,17
Igloolik [2]	69 30 —	82 30 —	0	10,00	— 45,55	-10,50
Iloulouk [3] (Unalaschka)	53 53 —	168 20 —	0	13,75	— 3,87	4,02
Insbruck [4]	47 16 —	11 23 O.	1766	- -	- -	9,35
Johnston [5] (Fort)	34 0 —	78 5W.	—	33,33	— 3,33	9,26
Johnstown [6]	43 0 —	74 8 —	—	35,56	— 23,90	8,05
Joyeuse [7]	44 28 —	4 15 O	600	35,00	— 16,25	14,00
Irkuzk [8] .	52 17 —	104 11 —	1164	27,50	— 29,71	—0,36
Island [9] .	65 0 —	20 0 W.	0	21,11	— 37,21	—0,50
Ithaka [10] .	42 26 —	76 30 —	—	35,56	— 13,33	10,75
Kacheti [11]	42 0 —	45 20 O.	1000	- -	- -	14,20
Kalmücken-Steppe [12]	47 0 —	41 20 —	108	- -	- -	13,00
Kasan [13] .	55 48 —	49 7 —	270	34,40	39,82	1,97
Karlsruhe [14]	48 59 —	8 17 —	380	36,62	— 26,90	10,45
Kendal [15]	54 17 —	2 46 W.	0	- -	— - -	7,87
Keswik [16]	54 30 —	3 8 —	0	- -	- -	8,87

1 Lovell's Bericht.

2 Richardson in Edinburgh Phil. Journ. N. XXIV. p. 200.

3 Lütke in Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. VI. p. 417.

4 Nach Zollinger in Suppan Hypsometrie vermittelst phys. Beob. Insb. 1834. S. 40.

5 Lovell's Bericht.

6 Bennet in Abstract of the Returns cet.

7 Bibl. univ. T. XXXVII. p. 5.

8 Zehnjähr. Beob. von Simon Schtschukin in Mém. de la Soc. des Sc. de Petersb. VIme Sér. T. II. p. 1. Im Auszuge in Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. VII. p. 2.

9 Mackenzie Reise durch die Insel Island. Weim. 1815. S. 295.

10 Phinney in Abstract of the Returns cet.

11 F. Parrot Reise zum Ararat. Th. II. S. 50. aus Quellen.

12 Ebendas.

13 Beobachtungen von Schestakof im J. 1828 und Baoman in den J. 1814 bis 1817 mitgetheilt durch Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 159. Am genauesten sind die Resultate aus den Beobachtungen von Knorr in den Jahren 1828 bis 1833. S. Poggendorff Ann. XXXVI. 204.

14 Aus 40jährigen Beobachtungen, mitgetheilt durch Dr. Eisenlohr.

15 Dalton nach Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 177.

16 Ebendaselbst.

Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
56°23'N.	3° 0'W.	120	26°,11	−18°,33	7°,73
41 55 —	74 5 —	—	35,56	— 24,45	9,13
54 30 —	62 20 O.	900	- -	- -	1,5
54 42 —	20 29 —	0	- -	- -	6,49
55 41 —	12 35 —	0	30,62	— 17,25	7,69
12 11 —	9 30 O.	450?	45,00	5,56	28,68
— — —	— — —	—	- -	- -	7,38
54 3 —	2 35 W.	0	- -	- -	9,53
42 48 —	73 46 —	—	37,78	— 27,77	9,81
55 25 —	3 35 —	1200	26,11	— 26,66	6,73
51 20 —	12 21 O.	306	38,00	— 30,00	9,15
12 3 S.	81 48 W.	534	30,00	16,11	21,11
38 43 N.	9 8 —	216,	- -	- -	16,34
27 7 S.	24 30 O.	—	35,00	— 1,95	17,50
51 31 —	0 5 W.	162	34,16	— 10,00	9,83
44 40 —	75 0 W.	—	35,00	— 25,00	7,78
43 47 —	75 51 —	—	37,22	— 33,33	7,19

. von 1820, 1835 u. 1836 in Edinburgh Phil. Journ.
u. New Phil. Journ. N. XLI. p. 112. XLIV. p. 370.
act of the Returns cet.
PFFER in Poggendorff Ann. XV. 177.
aus 24jähr. Beobachtungen in SCHUMACHER astronom.
. 25.
ıach 30jähr. Beobachtungen in v. BUCH Reise durch
94. Extreme aus Mannheimer Ephemeriden.
IAM's Reise.
in Poggendorff's Ann. XXXV. 166.
ob. von HEATON in Ann. of Philos. 1816 bis 1821.
ALL in Abstract of the Returns etc.
jähr. Beobachtungen von 1811 bis 1820 in Edinburgh
C. p. 219.
s Reisen in Arauco, Chile, Peru und Columbia. Wei-
Die Bestimmung ist aus dem Wasser eines 20 F.
aus Maximis und Minimis folgt 21°,73 C.
NCINI in Balbi Essai sur Portugal. T. I. p. 90.
's Reisen in Africa. Weim. 1825. Th. II.
Beob. der königl. Soc. in KÄMTZ Meteorol.
ıngen von HALE in Abstract of the Returns cet.
ıngen von TAYLOR. Ebendaselbst.

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Lüneburg[1]	53°15′N.	10°30′O.	64	36°,84	—27°,00	9°,04
Macao[2] .	22 16 —	113 2 —	—	32,87	9,45	23,12
Macquarie[3]	42 20 S.	147 40 —	0	- -	- -	12,92
Madras[4] .	13 14 N.	80 29 —	0	- -	- -	27,[illegible]
Madrid[5] .	40 24 —	3 42 W.	2040	- -	- -	14,90
Mailand[6]	45 28 —	9 11 O.	394	- -	- -	13,20
Malacca[7]	2 16 —	102 12 —	—	- -	- -	25,92
Malmanger[8]	59 58 —	6 20 —	64	- -	- -	6,35
Malo[9], St.	48 39 —	2 1 W.	0	- -	- -	12,30
Man[10] . .	54 20 —	4 30 —	0	23,89	— 5,56	9,64
Manchester[11] .	53 30 —	2 15 —	—	- -	- -	8,70
Manilla[12]	14 36 —	110 51 O.	0	- -	- -	25,60
Mannheim[13]	49 29 —	8 27 —	286	34,00	—23,00	10,30
Maranham[14] (St. Louis de) . .	2 29 S.	43 30 W.	0	- -	- -	27,39

1 Nach 12jähr. Beobachtungen, s. Buek Hamburgs Clima u. s. w.

2 Bibliothèque univers. 1834. Août.

3 Meinicke in Berghaus Ann. 12ter Jahrg. S. 366. Die mittlern Temperaturen der Jahreszeiten sind: Winter = 7,6; Frühling = [illegible]; Sommer = 17,9; Herbst = 11,9.

4 Nach Roxburgh und Beob. von 1823, mitgetheilt durch Foggo in Edinburgh Journ. of Sc. N. X. p. 249.

5 Beobachtungen von Bauza in Risso Hist. natur. des principales Productions cet. Par. 1826. p. 278. Vergl. Hertha Th. IV. S. 21.

6 V. Humboldt in Mém. d'Arcueil. T. III. p. 602.

7 Beobachtungen von Farquhar, reducirt durch Brewster in Edinb. Journ. of Sc. N. XV. p. 62.

8 Hertzberg's Beobachtungen von 1796 bis 1807 in Edinburgh Journ. of Sc. N. XVIII. p. 293. Wiener Zeitschr. Th. V. S. 491.

9 V. Humboldt in Mém. d'Arcueil. T. III. p. 602.

10 Nach Col. Stuart von 1824 bis 1830 in Edinburgh New Phil. Journ. N. XXI. p. 152. Edinburgh Journ. of Sc. New Ser. N. IV. p. 249. N. XX. p. 236.

11 Dalton aus 25jähr. Beobachtungen. Ann. of Philos. T. IV. p. 251.

12 V. Humboldt in Edinburgh Journ. of Sc. N. XI. p. 140.

13 Beobachtungen von Hemmer in Mannh. Ephem. Die mittlere Temperatur ist wahrscheinlich zu hoch und von der zu Heidelberg = 10°,01 schwerlich verschieden.

14 Nach Antonio Pereira aus Beob. von 1821 in Annaes das Sciences, das Artes e das Lettras. T. XVI. p. 55. S. v. Humboldt in Edinburgh Journ. of Sc. N. XI. p. 140.

Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
°25′N.	81°30′W.	—	33°,30	−12°,20	12°,32
— —	— —	4390	- -	- -	20,50
30 —	7 20 —	—	45,00	— 8,75	19,50
55 —	9 56 O.	1722	- -	- -	11,15
18 —	5 21 —	144	32,50	— 10,87	14,40
49 —	5 40 —	161	38,80	— 22,90	10,28
51 S.	55 30 —	120	32,70	15,00	24,85
45 N.	111 0 W.	0	15,56	— 48,33	— 18,73
30 —	4 35 O.	0	- -	- -	9,30
49 —	78 10 W.	780	37,78	— 27,77	8,67
5 —	75 12 —	—	35,56	— 14,44	12,94
28 —	91 0 —	—	33,33	— 6,80	17,27
32 —	74 0 —	—	37,78	— 21,11	9,22

ETH's Beobachtungen von 1828 bis 1830 in Silliman
XVI. p. 46 u. T. XX. p. 126.
ILT in Ann. de Chim. et Phys. T. LIII. p. 225.
L ABASSI Reise in Africa u. Asien. Weim. 1816.
1802 bis 1809 durch J. R. v. SALIS-MARSCHLINS in
eget. et clim. Helv.
ıe aus Mannh. Ephem. Das Mittel aus RISSO Hist.
Productions cet. Par. 1826. p. 278. V. HUMBOLDT
ittlere Temperatur an, nach SILVABELLE in Mannh.

ıgen um 9 und 9 Uhr von CRAHAY seit 1818 bis 1833.
e sur la Météorologie (1837). Vergl. QUETELET Cor-
ıys. T. VII. p. 182.
ıgen von LISLET GEOFROY in FREYCINET Voy. T. I.

obachtungen nach RICHARDSON in Edinburgh Philos.
). 200. Nach einer andern Angabe in Edinburgh
. p. 214. ist die mittlere Temp. = — 17°,05. Vergl.
inb. Journ. of Sc. New Ser. N. VIII. p. 310. Ann.
XXVII. p. 120.
ıRE in Mannh. Ephem.
gen von S. CUSHING in Abstract of the Returns.
ericht.
'hil. Trans. T. VI. p. 23.
gen von MILLSPANG in An Abstract of the Returns

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Montmorenci[1] . .	49° 0′N.	2°20′O.	312	--	--	11°,00
Montpellier[2] . .	43 36 —	3 52 —	30	--	--	15,20
Montreal[3]	45 31 —	73 35 W.	—	36°,67	—37°,20	7,40
Moultrie[4] (Fort) .	32 42 —	79 56 —	—	33,33	— 7,22	18,05
Moscau[5]	55 47 —	37 33 O.	456	30,00	— 38,75	3,26
München[6]	48 10 —	11 27 —	1626	35,00	— 26,25	11,2
Nain[7] . .	57 0 —	61 20 W.	0	--	--	— 3,62
Nangasacki[8]	32 45 —	129 55 O.	0	--	--	16,00
Nantes[9] .	47 30 —	1 32 W.	75	--	--	12,60
Natchez[10]	31 34 —	91 30 —	180	34,40	— 16,00	18,28
Nepaul[11]	28 —	77 0 O.	3750	30,56	10,00	25,00
Newburgh[12]	41 30 —	74 5 —	—	37,22	— 19,43	10,22
Newyork[13]	40 42 —	73 58 W.	0	35,00	— 20,50	12,10
Nicolajeff[14]	46 58 —	32 0 O.	120	37,50	— 30,62	9,40

1 Cotte in Mém. T. II. p. 439.

2 V. Humboldt Mém. d'Arcueil. T. III. p. 602.

3 Zehnjährige Beob. von Archibald Hall in Edinb. New Phil. Journ. N. XLII. p. 286.

4 Lovell's Bericht.

5 Aus 5jähr. Beob. von Engel und Stritter in Mannh. Ephem. Nach Pérévoschtschikoff in Bullet. de la Soc. des Natur. de Moscou. T. I. p. 17. ist aus 5jähr. Beob. die mittlere Temp. ohne Zweifel richtiger = 5°,01.

6 Nach Mannh. Ephem.

7 Dreijähr. Beob., mitgetheilt durch De la Trobe in Phil. Tr. LXIX. p. 657. LXXI. nach Löwenberg's Tabelle, aus Kämtz Meteorol.

8 V. Humboldt in Mém. d'Arcueil. T. III. p. 602.

9 Ebendas.

10 Vierjähr. Beob. von Dunbar, ebend.

11 Hamilton nach Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 177. Vergl. Kirkpatrik Nachrichten vom Königreiche Nepaul. Weimar 1820. S. 116.

12 An Abstract of the Returns cet.

13 V. Humboldt in Mém. d'Arcueil. T. III. p. 602.

14 Beobachtungen von Cumani um 10 und 10 Uhr von 1827 bis 1830. Mitgetheilt durch Kupffer in Mém. de la Soc. de Petersb. VIme Sér. T. II. p. V. Im Auszuge in London and Edinburgh Phil. Mag. N. II. p. 134. N. IV. p. 259. Aus Maxim. u. Min. ist Med. = 9°,62.

Breite	Länge	Höhe F.	Max.	Min.	Med.
			Temperaturen		
68°32'N.	164°20'O.	0	- -	—52°,50	-10°,00
58 0 —	59 20 —	600	- -	- -	— 0,20
43 41 —	7 17 —	61	- -	- -	15,50
71 10 —	26 1 —	0	- -	- -	0,00
70 37 —	57 47 —	0	10°,50	— 40,00	— 9,45
73 12 —	57 0 —	0	13,75	— 37,50	— 8,37
46 29 —	25 57 —	0	31,25	— 28,75	10,16
47 30 —	19 3 —	440	33,75	— 22,50	10,53
57 30 —	61 20 W.	0	- -	- -	— 3,24
43 02 —	76 31 —	408	37,22	— 30,00	9,39
42 26 —	75 38 —	—	36,67	— 26,11	7,22
51 46 —	1 15 —	—	25,00	— 4,44	9,36
45 24 —	11 53 O.	56	36,25	— 15,62	13,95
38 7 —	13 22 —	0	38,00	— 5,00	16,77

—

ERMAN. S. BAER in Bulletin de la Soc. des Sc. de Pe-. 15. Vergl. v. WRANGEL Physikalische Beobachtungen.

KUPFFER in Poggendorff Ann. XV. 177.
Hist. Natur. du Midi de l'Europe. T. I.
RICHARDSON in Edinb. Phil. Journ. N. XXIV. p. 20.
in Flora Lapp. giebt an 0°,07, in Edinb. New Phil. p. 307 wird — 1°,11 angegeben.
in Bulletin de la Soc. des Sc. de Petersb. T. II. N. 15.
r Archiv. Th. VII. S. 152.
zehnjähr. Beobachtungen in Mannheimer Ephemeriden und
NE Flora Carp. p. XCI.
N über Temperatur. S. 182.
WORTH in An Abstract of the Returns etc.
aselbst.
Beobachtungen von ROBERTSON 1816 bis 1823 aus Maximis in Edinb. Phil. Journ. N. XII. p. 359. Vergl. Edinb. N. II. p. 286.
O's achtjähr. Beobachtungen in Mannh. Ephem. Nach ist mittlere Temp. 16°,2; s. LÖWENBERG's Tabelle.
ährige Beobacht. von MARABITTI in SCHOUW Pflanzen-. 212. Nach RISSO a. a. O. ist die mittlere Temperatur Minimum nach öffentlichen Blättern.

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Panama[1]	8°58′N.	80°21′W.	0	- -	- -	27°,20
Paramatta[2]	33 48 S.	149 40 O.	62	41°,11	—3°,33	16,50
Paris[3] . .	48 50 N.	2 20 —	206	38,40	—23,50	10,81
Pasto[4] . .	1 13 —	77 22 W.	8035	- -	- -	14,60
Payta[5] . .	5 5 S.	81 10 —	0	- -	- -	27,10
Peifsenberg[6]	47 47 N.	10 34 O.	3090	29,12	—22,75	6,02
Peking[7] .	39 54 —	116 27 —	—	39,31	— 9,82	12,70
Penetanguishene[8]	44 48 —	80 40 W.	—	32,33	—35,54	7,3[illegible]
Penzanze[9]	50 11 —	5 33 —	0	28,89	— 4,44	11,3[illegible]
Petersburg[10]	59 56 —	30 18. O.	0	33,40	—49,87	2,51
Philadelphia[11] .	39 57 —	75 16 W.	0	37,00	—20,00	12,38
Point de Galle[12] (Ceylon) . .	8 30 —	81 12 O.	0	30,56	23,89	27,72
Pompey[13]	42 56 —	76 5 W.	1150	32,22	—25,00	6,24
Pondichery[14] . .	11 56 —	79 52 O.	0	- -	- -	29,44
Popayan[15]	2 26 —	76 40 W.	5566	- -	- -	15,70

1 Boussingault in Ann. Chim. et Phys. T. III. p. 225.

2 Brisbane in Edinburgh Phil. Journ. N. XX. p. 221. Vergl. Journ. of Sc. N. I. p. 88.

3 Bouvard aus 21jähr. Beob. in Mém. de l'Acad. T. VII. p. 35. Die Extreme von Arago in Annuaire.

4 Boussingault a. a. O. aus Beob. von Caldas.

5 Ebenderselbe.

6 Achtjähr. Beob. in Mannheimer Ephemer.

7 Aus Beob. von Dec. bis Juni durch Fuss in Mém. de Peters. VIme Sér. T. III. p. 115 und v. Humboldt in Poggendorf Ann. XXIII. 93.

8 Beob. im J. 1825 u. 1826 von Todd in Franklin's Narrative of a second expedition to the shores of the Polar-Sea. Lond. 1828. 4. App. II.

9 Beob. von 1807 bis 1827 von Giddy in Edinb. Journ. of Sc. XVII. p. 171.

10 Plac. Heinrich aus 24jähr. Beob. in Schweigg. Journ. II. Hft. 4. Vergl. Ann. of Phil. N. S. T. IV. p. 15.

11 Nach Warden. S. Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 177.

12 Fogoo in Edinb. Journ. of Sc. N. IX. p. 141.

13 In An Abstract of the Returns cet.

14 Nach Le Gentil in Edinb. Journ. of Sc. N. X. p. 269.

15 Boussingault in Ann. de Chim. et Phys. T. LIII. p. 225. Beobachtungen von Caldas.

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
g[1] . .	50° 5′ N.	14° 24′ O.	592	35°,75	−27°,50	9°,97
race[2] .	— — —	— —	8161	- -	- -	13,10
ebeck[3]	46 48 —	71 10 W.	—	- -	- -	5,60
ito[4] . .	13 17 S.	78 45 —	8970	- -	- -	15,55
atea[5] .	16 40 —	151 30 —	0	28,33	22,00	25,81
ensburg[6]	49 0 N.	12 6 O.	1043	36,87	— 30,50	8,65
kisvig[7]	64 5 —	26 33 W.	—	- -	- -	4,46
iance[8] Fort)	62 46 —	109 1 —	0	2,50	— 56,70	-15,50
de Janei-ro[9] . .	22 54 S.	43 18 —	0	48,89	13,33	23,83
-Hacha[10]	10 40 N.	83 0 —	0	- -	- -	28,10
helle[11]	46 9 —	0 58 —	0	34,37	— 15,25	11,70
kfort[12]	18 0 —	78? —	—	- -	- -	26,00
n[13] . .	41 54 —	12 28 O.	130	34,12	— 5,00	15,48
n[14] .	51 42 —	15 40 —	384	35,75	— 32,60	8,78
n[15] . (North)	42 33 —	70 53 W.	—	38,33	— 27,20	9,80

---

1 Beob. von Strnadt in Mannh. Ephemeriden, von Hallaschka mmlung astronom. meteorol. u. phys. Beob. Prag 1830. 4. Vergl. ka in Baumgartner u. v. Holger Zeitschr. Th. V. S. 267.

2 Boussingault a. a. O. aus Beob. von Hall und Salaza.

3 Nach Gauthier in Cotte Mém. T. II. p. 520.

4 Boussingault a. a. O.

5 Nach Threlkeld in Edinb. Journ. of Sc. N. XX. p. 281.

6 Beobachtungen von Pl. Heinrich nach Schmöger in Kastner Arch. VII. S. 128 u. in dessen meteorol. Beob. Hft. I. Nürnb. 1835.

7 Kretschmar Zeitschrift für die gesammte Meteorologie. Hft. 1. 3.

8 Aus Beob. vom Nov. 1833 bis März 1835, die Sommermonate olirt. S. Berghaus Ann. 1836. N. 133. S. 57.

Nach Dorta u. d'Oliveira in v. Humboldt Voy. T. X. p. Vergl. Caldcleugh Reisen in Südamerica. Weim. 1816. S. 16.

Boussingault a. a. O.

Nach 9jähr. Beobachtungen von Seignette in Mannheimer eriden.

Nach Hunter. S. Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 177.

Siebenzehnjähr. Beob. von Calandrelli in Mannh. Ephem. Vergl. Phil. Journ. N. XII. p. 350.

Mannh. Ephemer. nach 7jähr. Beob.

Aus 33jähr. Beobachtungen von Dr. Holyoke in Edinb. Phil. N. XII. p. 350. und aus neueren von Burt und Staar in An ct of the Returns cet.

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Santa Cruz [1]	28°28′N.	16°16′W.	0	— —	— —	21°,72
Santa Marta [2]	11 15 —	74 9 —	—	— —	— —	28,50
Sebastopol [3]	44 35 —	33 32 O.	0	37°,40	—18°,40	11,75
Seehundsbai [4] . .	25 30 S.	114 0 —	0	22,60	14,00	18,30
Senegal [5] .	15 53 N.	16 10 W.	—	— —	— —	26,49
Seringapatam [6] .	12 25 —	76 51 O.	2263	46,11	8,89	25,03
Severn [7] (Fort) .	38 58 —	76 27 W.	—	33,33	— 13,33	14,11
Shenectady [8]	42 48 —	73 56 —	—	32,78	— 22,77	8,20
Sidmouth [9]	50 41 —	3 13 —	—	— —	— —	8,77
Sierra-Leone-Küste [10]	8 30 —	14 10 —	0	— —	— —	27,24
Singapore [11]	1 24 —	104 0 O.	—	— —	— —	26,67
Sitka [12] . .	57 3 —	138 0 —	0	22,50	— 12,50	7,25
Slatoust [13]	55 8 —	59 20 O.	1140	23,32	— 20,87	0,74
Snelling [14] (Fort) .	44 53 —	93 8 W.	720	35,56	— 33,89	7,22
Söndmör [15]	62 30 —	6 20 O.	0	— —	— —	5,5

1 Beobachtungen von HEBERDEN in Phil. Trans. LV. p. 196.

2 BOUSSINGAULT a. a. O.

3 Aus Beobachtungen um 10 u. 10 Uhr; die Maxima und Minima geben 9°,35. Nach CUMÁNI mitgetheilt durch KUPFFER in Mém. de la Soc. de Petersb. VIme Sér. T. II. p. VII. Abgek. in Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. IV. p. 259.

4 Aus Beobachtungen im September durch FREYCINET in dessen Voyage T. I. 470.

5 V. HUMBOLDT in Edinburgh Journ. of Sc. N. XI. p. 141.

6 Nach FOGGO in Edinb. Journ. of Sc. N. X. p. 249. aus Beob. von 1814 und 1816.

7 Aus LOVELL's Bericht.

8 An Abstract of the Returns cet.

9 Dreijähr. Beob. von CLARKE in den Ann. of Philos.

10 WINTERBOTTOM Sierra-Leone-Küste S. 348.

11 Beobachtungen von FARQUHAR in den J. 1822 u. 1823 corrig. durch BREWSTER in Edinb. Journ. of Science N. XV. p. 62.

12 LÜTKE in Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. VI. p. 427.

13 Aus Beobachtungen von EVERSMANN in den J. 1818 u. 1819. Poggendorff Ann. XV. 169.

14 LOVELL's Bericht.

15 STRÖM aus 19jähr. Beob. S. v. BUCH Canarische Inseln S. bei KÄMTZ.

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
...dberg [1]	59° 38′ N.	— —	618	— —	— —	2°,93
...llen-...osch [2]	33 50 S.	38° 40′ O.	—	— —	— —	18,95
...ckholm [3]	59 21 N.	18 4 —	0	31°,00	— —	5,10
...sburg [4]	48 32 —	7 50 —	450	35,93	-25°,00	9,71
...gart [5]	48 46 —	9 10 —	846	34,27	—18,34	10,00
...ivan [6] ...ort).	44 44 —	67 4 W.	—	34,44	—28,33	5,80
...am [7]	5 38 —	55 30 —	—	— —	— —	25,50
...ermün-...e [8] ..	53 54 —	13 16 O.	0	— —	— —	8,80
...y [9].	34 S.	151 30 —	0	45,56	5,56	17,60
...ermün-...e [10] ..	52 35 N.	11 57 —	120	— —	— —	10,00
...see [11]	48 10 —	11 32 —	2262	31,25	—28,12	7,41
...iffa [12]	28 30 —	17 48 W.	0	— —	— —	21,60
... [13].	41 41 —	44 54 O.	1100	38,00	—13,75	15,80
...sk [14]	58 12 —	68 6 —	330	— —	— —	—2,50
... [15]	66 30 —	24 12 —	75	25,00	—58,50	—0,50

1 Dreijährige Beobachtungen von Wilse in Schön Witterungs-...

2 Aus Meteorological Diary für 1821 u. 1822 in Löwenberg's ...

3 Rudberg in Poggendorff Ann. XXXIII. 252. u. Mannh. Ephem.

4 Aus Herrenschneider's Beobachtungen nach Eisenlohr, aus ...licher Mittheilung.

5 Aus 10jähr. Beobachtungen von Schübler nach Kämtz.

6 Lovell's Bericht.

7 Zweijährige Beob. in Cotte Mém. T. II. p. 561.

8 Starke aus 4jähr. Beob. Berghaus Ann. Th. IV. S. 323.

9 Meinicke in Berghaus Ann. 12ter Jahrg. N. 132 u. 133. Da... ist die mittlere Temperatur des dortigen Winters = 14°,2, des ...ings = 18°,6, des Sommers = 22°,3, des Herbstes = 17°,2.

10 ...einjähr. Beobachtungen in John Liddiard Nicholas Reise nach ...land. Weim. 1819. S. 390. 396.

11 Kretschmar Zeitschrift für die gesammte Meteorologie. Th. I. ...

12 Aus 8jähr. Beobachtungen in Mannheimer Ephemer.

13 L. v. Buch nach Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 177.

14 Nach F. Parrot Reise zum Ararat. S. 47. Das Minimum nach ... Blättern.

15 Erman Reise. Th. I. S. 473.

16 Bedemar Reise. Th. I. S. 167 u. 244. Th. II. p. 180.

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Toulon [1]	43° 7′N.	1°10′ W.	0	— —	— —	16°,70
Trier [2] . .	49 48 —	7 5 —	432	— —	— —	9,90
Triest [3] . .	45 45 —	13 54 —	0	— —	— —	14,86
Trinconomale [4] .	8 32 —	81 12 —	— —	33°,33	22°,22	27,54
Trinidad [5]	21 48 —	80 1 —	0	33,89	16,00	25,00
Tübingen [6]	48 31 —	9 3 —	1008	— —	— —	8,68
Tumaco [7]	1 40 —	— — —	— —	— —	— —	26,10
Tunis [8] . .	36 48 —	10 11 —	0	44,75	6,00	19,20
Turin [9] . .	45 4 —	7 40 —	420	— —	— —	11,68
Uleäborg [10]	63 3 —	25 26 O.	0	— —	— —	—1,16
Uleo [11] . .	65 3 —	25 28 —	0	— —	— —	0,60
Ullensvang [12]	60 19 —	5 40 —	32	— —	— —	6,35
Umeo [13] .	63 50 —	20 16 —	0	— —	— —	1,90
Union Hall [14]	40 41 —	73 56 W.	— —	33,89	—20,55	10,56
Unst [15] . .	60 42 —	0 51 —	66	18,77	— 4,00	7,65
Upsala [16] .	59 52 —	17 39 O.	— —	— —	— —	5,00

1 V. HUMBOLDT in Mém. d'Arcueil. T. III. p. 602.

2 Neunjähr. Beob. von DELAMORRE in SCHÜBLER's Meteorolog.

3 Zwanzigjähr. Beobachtungen von STADLER in Kastner Arch. Th. VI. S. 69.

4 Zweijährige Beobachtungen von FOGGO in Edinburgh Journ. of Sc. N. IX. S. 148.

5 DAUXION LAVAYSSÉ Reisen nach d. Inseln Trinidad, Tabago etc. Weim. 1816. S. 72.

6 Nach SCHÜBLER's handschr. Mittheilung an KÄMTZ.

7 BOUSSINGAULT a. a. O.

8 Zweijährige Beobachtungen von FALBE in Poggendorff Ann. [illegible] 625.

9 Zwanzigjähr. Beobachtungen von BONIN in Mém. de Turin. [illegible] — 1808. p. 25.

10 LEOP. v. BUCH aus 12jährigen Beobachtungen von JULIN in [illegible] XLI. 45.

11 Nach v. HUMBOLDT in Poggendorff Ann. XXIII. 904.

12 HERTZBERG aus Beobachtungen von 1807 bis 1827 in Edinburgh Journ. of Sc. N. XVIII. p. 293.

13 NAEZEN aus 8jähr. Beob. in Kongl. Vetensk. Acad. Handl. [illegible] 1798 nach BRANDES Witterungskunde S. 6.

14 Beobachtungen von POTTER in An Abstract of the Returns [illegible]

15 S. oben Bellmont.

16 L. v. BUCH in G. XLI. 45. Vergl. WAHLENBERG in Edinb. New Phil. Journ. N. X. p. 307.

te	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
k[1]	— —	— — —	—	— —	— —	—15°,24
. .	43°10'N.	75°12'W.	—	36°,11	—27°,77	9,30
iver[3]						
t) in						
lame-						
. .	45 38 —	122 34 —	—	33,33	— 7,78	13,36
ruz[4]	19 9 —	96 1 —	0	35,60	16,00	25,00
5						
ace-						
. .	5 25 —	100 19 O.	0	— —	— —	26,21
tt[6]						
t) .	41 30 —	71 18 W.	—	31,11	— 18,33	10,57
7						
Süd-)	33 49 S.	150 1 O.	0	38,33	— 2,22	18,00
hau[8]	52 14 N.	16 22 —	—	— —	— —	9,20
ng-						
.	38 52 —	76 55 W.	—	35,50	— 26,60	13,60
noi						
ien-						
[9] .	46 20 —	43 20 O.	396	— —	— —	13,00
otou-						
. .	58 54 —	50 12 —	600	— —	— —	— 0,87
ha-						
[12] .	54 40 —	3 28 W.	0	26,38	— 9,54	9,03

V. Wrangel's Beobachtungen. Nach Baer in Bulletin de la Petersb. T. II. N. 15.

Beob. von Prentice in An Abstract of the Returns etc.

Gairdner aus Beobachtungen im J. 1834 u. 1835 in Edinburgh il. Journ. N. XLI. p. 152. aus Max. u. Min. Der Monat Mai lirt, das Mittel nach der Formel corrigirt. Vergl. Poggendorff LI. 662.

Fünfjährige Beobachtungen von Orta in v. Humboldt Neuspa-. IV. S. 400.

Mehrjähr. Beobachtungen, corrig. durch Brewster in Edinb. of Sc. N. XV. p. 65.

Lovell's Bericht.

Dublin Philos. Journ. N. I. p. 150.

V. Humboldt in Mém. d'Arcueil. T. III. p. 602.

Nach Wallenstein und Meigs in Amer. Philos. Trans. T. II.

F. Parrot a. a. O. Th. II. S. 50.

Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 178.

Beob. von 1835 u. 1836 in Edinb. New Phil. Journ. N. XLI. N. XLIV. p. 372.

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Wien[1] . .	48° 12′ N.	16° 22 O.	541	36°,25	— 20°,00	10°,87
Williamsburg[2] .	37 5 —	77 0′ W.	—	- -	- -	13,53
Williamstown[3] .	42 30 —	73 0 —	1000	- -	- -	7,08
Winter-Island[4] .	66 25 —	85 30 —	0	12,23	— 41,37	— 14,18
Woronesch[5]	51 40 —	39 20 O.	—	35,00	— 37,50	8,50
Würzburg[6]	49 46 —	9 55 —	528	39,12	— 28,00	10,41
York[7] . .	53 58 —	1 6 W.	—	- -	- -	9,00
Zürich[8] .	47 23 —	8 32 O.	1254	30,90	— 13,80	9,22
Zupia[9] . .	— — —	— — —	3771	- -	- -	21,50
Zwanenburg[10]	52 15 —	4 20 —	0	- -	- -	10,36
Zwellendam[11] .	34 0 S.	40 20 —	—	- -	- -	18,70

1 Baumgartner in Wiener Zeitschrift. Th. VI. S. 299. Th. VII S. 396.

2 Dreijähr. Beob. von Fauquier in Cotte Mém. T. II, p. [illegible] Nach Löwenberg's Tabelle.

3 Vierjähr. Beob. von Dewy in Edinburgh Phil. Journ. N. [illegible] p. 351.

4 Richardson in Edinb. Phil. Journ. N. XXIV. p. 200.

5 Clarke Reise durch Rufsland und die Tatarei. Weim. [illegible] S. 43. u. a. a. O.

6 Aus Mannb. Ephemer. Das Maximum ist zweifelhaft. [illegible] aus 11jähr. Beob. in Schön's Witterungskunde.

7 Poggendorff Ann. XXXIII. 216.

8 Escher nach 6jähr. Beob. in Wahlenberg de Veget. et Clim. in Helv. Sept. p. LXVII. Bibl. univ. 1837. Avril. p. 393.

9 Boussingault a. a. O.

10 Zwanzigjähr. Beob. in Brandes Beiträge S. 9.

11 Aus Meteorological Diary 1822 und 1823 in Löwenberg's Tabelle.

Die hier gegebene Tabelle, wie lückenhaft sie auch auf en ersten Blick erscheinen mag, enthält mindestens die mittleren hrlichen Temperaturen einer grofsen Menge über die ganze be- ohnte Erde verbreiteter Orte, und diese Angaben sind wohl s die genauesten zu betrachten. Ungleich weniger zuverläs- g sind der Natur der Sache nach die absoluten Maxima und inima, weil es bei ihrer Bestimmung ebenso sehr auf die naueigkeit der Messung, selbst hinsichtlich der nur zu oft e tiefe Kältegrade unzuverlässigen Thermometer, als auf die enge der Jahre ankommt, welche die Beobachtungen um- sen, indem ungewöhnlich hohe und tiefe, nur einzeln vor- mmende Wärmegrade zu den nicht jährlich wiederkehren- n Seltenheiten gehören. Dafs endlich die bis jetzt zu Ge- te stehenden Hülfsmittel der geographischen Ortsbestimmun- n so mangelhaft sind und man oft genöthigt ist, zu wenig verlässigen Landcharten seine Zuflucht zu nehmen, ist ein lgemein gefühltes Bedürfnifs der physikalischen Literatur.

D. Ursachen der ungleichen Temperaturen.

127) Bei weitem die vorzüglichste Quelle der Wärme f der ganzen Erde sind die Sonnenstrahlen, weswegen die emperatur gegebener Orte im Allgemeinen von der nach der leichen Höhe der Sonne auffallenden verschiedenen Menge selben abhängt. Inwiefern hierdurch die astronomischen limate bedingt werden, die im Allgemeinen den physischen cht gleich sind, ist bereits mehrmals erwähnt worden[1]. Es nterliegt durchaus keinem Zweifel, dafs die Sonnenstrahlen e höchsten Grade der Hitze zu erzeugen vermögen, die wir hrnehmen. Zur Evidenz geht dieses aus einem interessan- n Versuche hervor, welchen DE SAUSSURE[2] angestellt hat. liefs aus 0,5 Zoll dicken tannenen Bretern ein Kästchen Fufs im Innern lang, 9 Z. breit und ebenso hoch verferti- n, fütterte dasselbe mit 1 Zoll dicken geschwärzten Kork-

---

1 Vergl. oben §. 122. Ueber die Ursachen der verschiedenen mperaturen im Allgemeinen handelt ausführlich v. HUMBOLDT in ggendorff Ann. XI. 1.

2 Reisen durch die Alpen. Th. IV. S. 109.

scheiben aus und bedeckte es mit drei in Nuten über einander eingelegten sehr durchsichtigen Glasscheiben in einem Abstande von etwa 1,5 Zoll von einander. In das Innere dieses Kästchens, durch den Erfinder *Heliothermometer* genannt, wurden Thermometer gelegt und das Ganze der Einwirkung der Sonnenstrahlen ausgesetzt. Als dieses auf dem Gipfel des Cramont geschah, wo ein in 4 Fuſs vom Boden den Sonnenstrahlen frei ausgesetztes Thermometer 6°,2 zeigte, stieg das im Innern des Apparates befindliche auf 87°,5 und ein anderes auſsen an den Korkscheiben befestigtes auf 26°,2. Auf gleiche Weise sah v. Humboldt[1] am Orinoco bei 30° Temperatur der Luft im grobkörnigen granitischen Sande um 2 Uhr die Wärme bis 60°,3 steigen, während ein ebensolcher weiſser, aber feinerer und dichterer Sand 52°,5 und der Granitfelsen 47°,6 zeigte; eine Stunde nach Sonnenuntergang hatte der grobkörnige Sand eine Temperatur von 32°, der Felsen von 38°,8. Andere Erfahrungen von der unglaublichen Hitze, welche die auffallenden Sonnenstrahlen über Felsen, insbesondere über dunkel gefärbten Flächen, erzeugen, sind in so groſser Zahl allgemein bekannt, daſs ihre Erzählung im Einzelnen überflüssig seyn würde. Die Intensität der hierdurch erzeugten Wärme müſste daher ohne Grenzen zunehmen, wenn nicht anderweitige Bedingungen eine Verminderung derselben herbeiführten, deren Wirkungen so bedeutend sind, daſs eben in denjenigen Gegenden, wo die senkrecht auffallenden Sonnenstrahlen eine ganz unglaubliche Hitze erzeugen, die Nächte und die Zeiten vor Sonnenaufgang sich durch empfindliche Kälte auszeichnen. Eine dieser Ursachen ist in dem steten Aufsteigen der über den erhitzten Flächen befindlichen Luftmassen zu suchen, die sich wegen ihrer groſsen specifischen Leichtigkeit erheben und den sogenannten *courant ascendant* erzeugen, wobei dann zugleich die kälteren schwereren Luftmassen seitwärts herbeiströmen. Hieraus entsteht eine Luftbewegung, die einem mäſsigen Winde gleicht und in der Nähe dichter Gehölze, deren Umgebungen durch die Sonnenstrahlen stark erhitzt sind, stets wahrgenommen zu werden pflegt.

128) So wie die über dem Erdboden erhitzten und da-

---

1 Voyage T. VII. p. 203. bei Kämtz Meteor. II. 8.

ı specifisch leichter gewordenen Luftmassen nach stati-
ı Gesetzen aufsteigen und seitwärts befindliche kältere in
indringen, müssen nothwendig auch die höheren kälteren
e herabsinken. Von einem solchen Herabsinken kälterer
nassen überzeugt man sich in geheizten Zimmern, wo die
sten Schichten stets kälter sind als die obersten, am auf-
ıdsten aber bei sehr niedriger äufserer Temperatur in der
der Fenster, indem die durch gröfsere Wärmedurchleitung
erhältnifsmäfsig dünnen Glases abgekühlten Luftmassen einen
h die Bewegung feiner Flaumfedern leicht merkbaren herabsin-
en Strom bilden, welcher selbst auf das Gefühl unangenehm
t und eine, der Gesundheit hierfür empfindlicher Personen
theilige, Zugluft erzeugt. Mehr im Grofsen gewahrt man das
iche Phänomen in Thälern unter sehr hohen Berggipfeln
neben steilen Felsenwänden, wie bereits[1] erwähnt und
i zugleich nachgewiesen wurde, dafs die Wärme, welche
h gleichzeitige Verdichtung der herabsinkenden Luft frei
, keineswegs genügt, um ihre Temperatur bis zu der der
ren Schichten zu erheben. Die Folgen dieses Processes
len noch ungleich häufiger und stärker wahrgenommen
len, wenn nicht hauptsächlich zwei anderweitige Bedin-
;en sie verminderten oder gänzlich aufhöben. Als die er-
von diesen ist der geringe Unterschied der Temperatur für
hmende Höhen zu betrachten, welcher nur etwa 1° C. für
Fufs beträgt, wonach also die einander berührenden
chten sich durch ungleiche Wärme überall nicht merklich
rscheiden; die zweite beruht auf dem Umstande, dafs die
sphärische Luft höchst selten, und man darf wohl anneh-
fast niemals, sich in völliger Ruhe befindet, die Bewe-
; aber das Herabsinken so wenig specifisch schwererer Mas-
auf gleiche Weise hindert, als dieses bei den feinen Son-
ltäubchen der Fall ist, die blofs bei völliger Ruhe herab-
llen pflegen. Wenn daher die Luft sich in grofser Ruhe
ıdet und die oberen Schichten noch nicht durch anhaltende
ere Temperatur erwärmt sind, wie namentlich im Früh-
e oder wenn in höheren Regionen ungewöhnlich kalte Luft-
sen herbeiströmen, dann findet jenes Herabsinken in einem
züglichen Grade statt, und scheint mir eine der Ursachen

[1] S. Art. Erde. Temperatur. Bd. IV. S. 1059 ff.

davon zu seyn, dafs nach zahlreichen Erfahrungen, der Aehnlichkeit mit andern Erscheinungen zuwider, die Kälte in Niederungen, insbesondere in eingeschlossenen Thälern, weit intensiver ist, als auf den Höhen, und dort auf das Pflanzenleben zerstörend wirkt, statt dafs hier die Gewächse verschont bleiben.

129) Handelt es sich um die schwierige Frage, auf welche Weise das Licht im Allgemeinen und die Sonnenstrahlen im Besonderen Wärme erzeugen, so kann diese nur den Gesetzen gemäfs beantwortet werden, welche über das Wesen und das gegenseitige Verhalten des Lichtes und der Wärme aufgefunden worden sind, und die Aufgabe kann daher nur bei der Untersuchung der einen oder der anderen dieser Potenzen gründlich erörtert werden, weswegen ich dieselbe in die Wärmelehre verweise, hier mich aber damit begnüge, die hierüber herrschenden Ansichten der Physiker im Allgemeinen mitzutheilen.

Es giebt zwei Meinungen in Beziehung auf dieses dunkle Problem, welche zwar nicht selten als der Einigung fähig betrachtet werden, bei genauerer Prüfung aber als wesentlich verschieden erscheinen müssen. Nach der einen, die vom älteren Herschel[1] in Gemäfsheit eigener Versuche aufgestellt wurde, sind Licht und Wärme wesentlich verschieden, strömen aber beide von der Sonne aus, durchlaufen die Räume mit gleicher Geschwindigkeit und theilen sich den Körpern auf solche Weise mit, dafs das Licht verschwindet, die Wärme aber eine solche Verbindung eingeht, vermöge deren sie auch nach dem Aufhören der wirkenden Ursache wahrgenommen wird und dann ganz andern Gesetzen folgt, als denen sie in Verbindung mit dem Lichte unterlag, indem sie namentlich von dunkeln und unpolirten Körpern aufgefangen und von diesen wieder ausströmend die Luft nur langsam durchdringt, statt dafs sie mit dem Lichte verbunden eine diesem gleiche Geschwindigkeit besafs. Nach einer andern, durch Biot[2] aufgestellten Meinung sind Licht und Wärme nicht wesentlich verschieden, sondern blofs Modificationen einer und derselben

1 G. VII. 137. X. 68. XII. 521. Wegen der weiteren Literatur s. *Wärme*; Ursprung derselben.

2 Traité de Physique expér. et math. T. IV, p. 612.

ätherischen Flüssigkeit, die sich bei der bekannten erstaunlichen Geschwindigkeit als Licht, bei bedeutend verminderter als Wärme zeigt. Da es hier nicht am gelegenen Orte ist, auf eine nähere Prüfung der einen oder der anderen dieser Hypothesen einzugehn, so möge die Bemerkung genügen, dafs beide ursprünglich auf die Emanationstheorie vom Lichte gegründet sind, ob und wie weit sie aber mit der jetzt allgemein angenommenen Undulationstheorie verträglich sind, ist noch von keinem Physiker gründlich untersucht worden, dennoch aber hat man sie beide ihrem Wesen nach insofern beibehalten, als man annimmt, die (sogenannten) Lichtstrahlen seyen von Wärmestrahlen begleitet und das Licht werde in den Körpern zu Wärme umgewandelt.

Bei der ausnehmend grofsen erwärmenden Kraft der Sonnenstrahlen müfste die täglich in so reichlichem Mafse erzeugte Wärme bald alle denkbare Grenzen überschreiten, wenn nicht gleichzeitig eine fortwährende Verminderung derselben statt fände. Nach den Untersuchungen, welche vorzüglich Wells und einige Gelehrte nach ihm über die Phänomene der Thaubildung angestellt haben, nimmt man allgemein eine *Strahlung* an, vermöge deren die Wärme von der Erde dem kälteren Himmelsraume wieder zuströmt, und zwar in dem Mafse, dafs durch beide Processe, die Wärmebildung und Strahlung, das Gleichgewicht der bestehenden Temperatur auf der Erdoberfläche als ein constantes fortdauernd erhalten wird. Die sehr nahe liegende Frage, was aus der in den Himmelsräumen sich ansammelnden Wärme weiter werde, wird in der Regel nicht beantwortet[1]. Biot deutet jedoch an, es dürfe wohl ein unbekannter Procefs existiren, vermöge dessen die Wärme des Himmelsraumes der Sonne wieder zuströme, um den früheren Kreislauf abermals zu beginnen; dagegen werden die Phänomene der sehr ungleichen Erkaltung verschiedener Körper und Gegenden allgemein von einem ungleich starken Strahlungsvermögen derselben abgeleitet. Die Hypothese[2] in dieser Einfachheit ist auf jeden Fall sehr leicht,

1 Nach Fourier und Poisson theilen Fixsterne und Planeten dem Weltraume stets Wärme mit.

2 Ueber die Gründe, wodurch man dieselbe zu unterstützen suchte, namentlich die Versuche mit dem Aethrioskop, s. *Wärme*.

sobald man das Entweichen der Wärme aus einer Strahlung ableitet und die Stärke der letzteren dem Grade der Abkühlung proportional annimmt, ohne die Frage zu beantworten, welches Verhältnifs zwischen der Wärme und der eigenthümlichen Beschaffenheit der mehr oder minder strahlenden Erdoberfläche obwaltet. Zu welchem Resultate aber die genauere Untersuchung über die Ursache und die Bedingungen des Verlustes der einmal vorhandenen Wärme der Erdoberfläche führen möge, so ist dennoch unwidersprechlich ausgemacht, dafs die Erzeugung der Wärme durch die Sonnenstrahlen Hauptbedingung der Temperatur der verschiedenen Orte und daher auch ihrer Abnahme nach den Polen hin, so wie des Wechsels nach Tags- und Jahreszeiten sey. An diese, die ihrer Wichtigkeit wegen isolirt hingestellt zu werden verdient, lassen sich dann die übrigen nach der Gröfse ihres Einflusses anreihen.

a) Ungleiche Wärme des Bodens.

130) Im ersten Abschnitte sind die Gründe entwickelt worden, die zu der Annahme berechtigen, dafs unser Erdball ursprünglich im feurig flüssigen Zustande war, dann allmälig auf seiner Oberfläche abgekühlt worden ist und sich jetzt in einem Zustande bleibenden Gleichgewichts zwischen der durch den Einflufs der Sonnenstrahlen abwechselnd wachsenden, durch anderweitige Bedingungen (hauptsächlich Strahlung) aber wieder abnehmenden Wärme befindet, deren gegenseitiges Verhalten die sogenannte mittlere Temperatur der Orte zur Folge hat. Wären diese überhaupt und einander entgegenwirkenden Ursachen sich überall gleich und blofs die Höhe der Sonne verschieden, so müfsten die Temperaturen nach einem regelmäfsigen Gesetze mit zunehmender Polhöhe abnehmen und unter gleichen Breiten- und ungleichen Längengraden mit unbedeutenden Abweichungen einander gleich seyn. Inzwischen sind die Unterschiede der Temperaturen des westlichen Europa von denen unter gleichen Breiten in Nordamerica und Nordasien so auffallend verschieden, dafs die Gelehrten seit geraumer Zeit bemüht waren, die Ursachen hiervon aufzufinden. Alles, was sich hierüber bisher zur Erklärung dieser auffallenden Anomalie sagen liefs, indem die Temperaturen der südlichen

kugel mit denen des nördlichen Theiles von America und Asien sehr gut übereinstimmen, an der Westküste Ame- aber und in einem noch weit höheren Grade an der tküste Europa's eine ungewöhnliche Wärme vorherrscht, le von mir bereits oben[1] und noch gründlicher durch Kämtz[2] bracht, woraus sich ergiebt, dafs der Golphstrom theils ttelbar, theils mittelbar durch seinen Einflufs auf die Witte- verhältnisse der von ihm bespülten Küsten als eine vor- che Ursache dieser Anomalie zu betrachten ist. Es blieb die auffallende Bodenwärme der äufsersten Districte 'egens von mir nicht unbemerkt, die kaum als eine Folge lie Küste bespülenden wärmeren Meeres gelten kann, und he Gelehrte[3] haben daher überhaupt die aufgestellten Ur- n dieser Anomalie für ungenügend gehalten. Inzwischen e ich jetzt den eigentlichen Grund dieses sonderbaren omens aufgefunden zu haben, wie bereits oben §. 56 an- itet worden ist, und diese neue Ansicht der Sache scheint vegen sehr nahe liegender Verbindung mit andern Er- nungen von grofser Wichtigkeit zu seyn.

131) Cordier[4] hat im Allgemeinen geäufsert, die bereits irte und somit von ihrer ursprünglichen Hitze abgekühlte e der Erde habe vielleicht nicht überall gleiche Dicke. r Satz, welcher mit seiner Theorie über die Verände- n, wodurch unser Erdball seinen jetzigen Zustand er- mufste, im genauen Zusammenhange steht, bietet sich Vorstellung leicht dar und fällt mit einem andern zusam- wonach die äufsere Rinde der Erde immerhin an eini- stellen noch einen merkbaren Theil ihrer früheren Hitze halten haben könnte, er bleibt jedoch ohne nähere Be- inng stets in der Sphäre einer blofsen sinnreichen Hypo- Meine Untersuchungen über die Temperatur des Mee- indes führten jedoch unerwartet zu einigen Resultaten, ür dieses Problem einen sichern Haltpunct geben und sich dann einige sehr nahe liegende höchst interessante rungen knüpfen lassen.

S. Art. *Erde*. Bd. III. S. 1004.
Meteorologie. Th. II. S. 77.
Vergl. Dove in Poggendorff Ann. XI. 581.
Bibliothèque univ. T. XXXVII. p. 105. Vergl. §. 3.

Beim Ueberblicke der Tabelle über die Temperaturen des Meeres[1] mufs sogleich auffallen, dafs im völligen Widerspruche mit der allgemeinen Regel, wonach die Wärme mit der Tiefe abnimmt, vom 60sten bis zum 80sten Breitengrade in einem Streifen, welcher etwa 5 bis 10 Grade östlich und westlich vom Greenwicher Meridiane liegt, die Temperatur in der Tiefe wächst und an einigen Stellen nicht blofs höher ist, als an allen übrigen bekannten Orten unter gleichen Breitengraden, aber gröfserer westlicher und östlicher Länge, sondern auch eine mit der Natur jener Orte durchaus unvereinbare Höhe erreicht. Zu gröfserer Bequemlichkeit setze ich einige dort angegebene vorzügliche Puncte her. Unter 61° N. B. 7° W. L. mafs Sabine[2] an der Oberfläche 9°,6 und in 470 Lachter Tiefe 8°,3; unter 66° N. B. und 5° östl. L. fand Franklin in 260 Faden Tiefe 5°,2, nur 0°,9 weniger als an der Oberfläche. Höhere Breiten gaben noch auffallendere Resultate. So fand Franklin unter 77° N. B. und 12° östl. L. in 700 Lachter Tiefe 6°,1, während die Oberfläche nur 0°,5 zeigte, und Scoresby unter 78° N. B. 0° L in 761 Lachter Tiefe 3°,3, obgleich die mit Eis bedeckte Oberfläche bis zum Gefrierpuncte des süfsen Wassers erkaltet war. Dafs aber Franklin und Beechey unter 80° N. B. 11° östl. L. mitten zwischen Eisschollen, welche die Temperatur der Oberfläche bis 0° und darunter herabbrachten, in 185, 217 und 140 Faden Tiefe 2°,5, 2°,8 und 2°,5, Fischer aber an derselben Stelle oder unweit derselben in 60, 100 und 140 Faden Tiefe sogar 7°,8, 7°,9 und 8°,0 mafs, kann nicht anders als im höchsten Grade befremdend erscheinen. Bei einigen Messungen, namentlich von Scoresby und Franklin, zeigt sich augenfällig, dafs die Wärme mit zunehmender Tiefe wächst, was der allgemeinen Regel ganz zuwider ist, nach welcher

1 S. Art. *Meer* Bd. VI. S. 1678.

2 Dafs Ross an derselben Stelle in 950 Faden Tiefe nur 3°,6 erhielt, kann die Angabe nicht verdächtigen, vielmehr ist diese Temperatur in so beträchtlicher Tiefe unter jener Breite und bei 5° Wärme an der Oberfläche des Meeres gleichfalls sehr hoch. Es sind aber für beide Messungen nur ganze Grade der Breite und Länge angegeben, die Erfahrung ergiebt aber, dafs auch an anderen Orten, namentlich oberhalb Spitzbergen, die warmen und kalten Puncte nahe bei einander liegen.

Vasser des Meeres nach unten kälter wird, und blofs die
untersuchten Stellen und einige zwischen den Antillen
v. Horner's[1] Erfahrungen machen, so viel mir bekannt,
Ausnahme von diesem allgemeinen Gesetze. Ebenso leicht
als die letztere Anomalie aus unter dem Meere befindli-
Kratern in jener an Vulcanen so reichen Gegend erklär-
rird, ebenso schwierig ist es, für die ersteren einen ge-
den Erklärungsgrund zu finden, wenn man nicht eine
iem Tractus statt findende höhere Temperatur des Bo-
annehmen wollte, wie bereits früher untersucht worden
Um die Thatsache selbst übersichtlicher darzustellen, habe
if der Polarcharte, welche die Isothermen der nördlichen
ugel enthält, einige von denjenigen Puncten mit einem
:hen bezeichnet, an denen eine auffallend hohe Tempe-
in der Tiefe gefunden wurde. Sind gleich die bis jetzt
nt gewordenen Messungen zur gründlichen Entscheidung
rage über die Temperatur des Meeresbodens an den ge-
'n Stellen keineswegs völlig genügend, insofern nicht
l angegeben ist, ob und wo der Grund des Meeres
ch erreicht wurde und nach welchem Gesetze die Tem-
r mit der Tiefe zunahm, so geht doch aus der Verglei-
der erhaltenen Resultate mit denen, die unter östlicher
vestlicher liegenden Meridianen bei gleichen Polhöhen
len wurden, unverkennbar hervor, dafs auf dieser Strecke
ınnatürliche Wärme des Meeres in der Tiefe vorherrscht.
diese Thatsache mit einer andern, ebenso auffallenden,
rbindung gesetzt, dafs nämlich der Boden an vielen Stel-
ipplands unter dem hohen Schnee niemals gefriert[3], wäh-
er unter gleichen Breitengraden in Sibirien und America
ls aufthauet, so kann man kaum umhin, hieraus einige
t wichtige Folgerungen abzuleiten und diese mit andern
hen in Verbindung zu setzen, welche einzeln oder ver-
lie Abweichung der Temperaturen von demjenigen Ge-
welches durch die ungleiche Höhe der Sonne gegeben
bedingen und namentlich die so viel besprochene grö-
Wärme der Länder an der Westküste Europa's im Ge-

S. Art. *Meer*. Bd. VI. S. 1682.
Ebendas. S. 1684 ff.
S. Art. *Erde*. Bd. IV. S. 999.

gensatze der ausnehmenden Kälte der südlichen Halbkugel, so wie Nordamerica's und Sibiriens, zur Folge haben.

132) Darf in Gemäfsheit der beigebrachten Thatsachen als erwiesen gelten, dafs die Strecke der Erdkruste, die im Meridiane von Greenwich von etwa 50° N. B. an bis über den 80sten Breitengrad hinaus liegt, bis zu geringerer Tiefe reducirt und somit noch nicht auf gleiche Weise als die übrigen Theile den jedesmaligen Polhöhen gemäfs abgekühlt ist und dafs die stärkere Abkühlung nach beiden Seiten hin allmälig wächst, bis sie in einem Abstande von etwa 95 bis 120 Längengraden ihr Maximum erreicht, so mufs die mittlere Temperatur auf dieser Strecke verhältnifsmäfsig am höchsten seyn und mit der Entfernung hiervon abnehmen, bis sie an den angegebenen Grenzen ihr Minimum erreicht. Zunächst scheint es zwar am natürlichsten, dafs nur ein einziges Minimum der Wärme 180° von dem angegebenen Maximum entfernt gefunden werde, die Erfahrung ergiebt aber gerade das Gegentheil, indem entweder gleichfalls wegen minderer Abkühlung des Bodens[1] oder aus andern Gründen in ungefähr 180° Abstand von der angegebenen Strecke gleichfalls ein wärmerer Tractus liegt. Zur besseren Uebersicht habe ich diejenigen Puncte, wo die ausgezeichnete Wärme in der Tiefe gefunden wurde, durch eine punctirte Linie vereinigt. Wird dabei die angegebene Bodenwärme in Norwegen gleichfalls berücksichtigt, so erhält man zwei Zweige dieser thermischen Linie, die sich am nördlichen Ende Spitzbergens vereinigen, von wo aus die dann gegebene Linie in ihrer Fortsetzung entweder über dem astronomischen Pole oder westlich neben demselben[2] hin

1 Eigentliche Messungen der Temperatur des Meeres in dieser Gegend sind mir nicht bekannt und dürften sich nur in schwer zugänglichen Werken finden, wenn sie überhaupt vorhanden sind, was sich bezweifeln läfst. Die in der Tabelle Bd. VI. S. 1678 angegebenen wenigen Messungen von Lenz und Horner führen unverkennbar auf eine mit der Tiefe wachsende Abnahme der Temperatur, wie dieses der Regel gemäfs ist, und reichen nur bis zum 53sten Breitengrade. Die zahlreichen Vulcane auf Kamtschatka und auf den Inselgruppen, welche rechts und links zerstreut liegen, wenn man von der Behringsstrafse aus die Richtung nach Süden verfolgt, deuten dagegen unverkennbar auf ein Emporkommen der inneren Erdwärme.

2 Diese westliche Richtung ist auf jeden Fall die wahrscheinliche, denn Franklin erhielt unter 81° N. B. und 10° östl. Länge an

ur Behringsstraſse fortläuft. Verfolgt man diese Betrachtun-
en weiter, so bietet sich ungesucht die Folgerung dar, daſs
ieser wärmere Strich die zu beiden Seiten liegenden Kälte-
ole trenne und die sie umgebenden isothermischen Linien be-
inge. Man kann demnächst kaum umhin, noch eine andere
olgerung hieran zu knüpfen, die so nahe liegt, daſs man un-
illkürlich darauf geführt wird. Die Vergleichung der iso-
rmischen Linien auf dem beigegebenen Chärtchen mit den
linen und isodynamischen Linien[1] zeigt sofort, daſs die
iden Kältepole mit den beiden magnetischen genau zusam-
enfallen, wie Brewster[2] und mehrere Andere bereits be-
rkt haben. Wenn man aber berücksichtigt, daſs im In-
n der Erde, ihren Kern als glühend vorausgesetzt, gar kein
gnetismus vorhanden seyn kann, sofern dieser mit der
ihhitze unverträglich ist, so folgt hieraus mit einer gewis-
n Nothwendigkeit, daſs derselbe in der Erdrinde seinen Sitz
ben müsse, und es ist dann nicht mehr eine kühne, nach
n neuesten thermomagnetischen Entdeckungen wohl kaum
erhaupt noch eine Hypothese, ihn für Thermo-Elektro-Magne-
mus zu halten[3]. Wäre endlich hierdurch entschieden, daſs

———

aden Tiefe noch 1°,1 Wärme, Parry aber unter 81°,5 N. B. und
n tl. Länge in 400 Lachter Tiefe — 1°,1 C. Ob man aber diese
e der geringsten Wärme als eine regelmäſsig gekrümmte betrach-
und hiernach ihre Richtung bestimmen dürfe, das ist eine andere
sehr schwierige Frage.

1 S. Charte IV. in Bd. VI.

2 Edinburgh Journ. of Sc. New Ser. N. VIII. p. 315. Poggen-
f Ann. XXI. 323. Hansteen machte zuerst auf die Aehnlichkeit
Isothermen und Isoklinen aufmerksam. S. Untersuchungen u. s. w.
II.

3 Vergl. *Magnetismus*. Bd. VI. S. 1081. Durch Zufall wurde ich
erbst 1829 darauf geführt, daſs die durch Fresnel zuerst wahr-
mmenen, durch Pouillet, Pfaff und Andere gleichfalls beobach-
Drehungen eines an einem Coconfaden unter einer Campane auf-
genen Coulomb'schen Waagebalkens Folgen der durch Wärme
lase, im Eise, im Thone und vermuthlich in allen Körpern,
in Metallen, erregten Elektricität sind. S. Poggendorff Ann.
117. Lenz hat sich später gegen diese Resultate erklärt, s. ebend.
24. XXXV. 72., und zwei Sätze aufgestellt, indem er zuerst
lektrischwerden des Glases durch Wärme überhaupt für unstatt-
rklärt, und daher zweitens die Bewegungen des Waagebalkens
ge der durch Wärme erzeugten Luftströmungen betrachtet. Der
Satz ist unterdeſs durch Becquerel's Versuche widerlegt worden,

die magnetischen Pole in denjenigen Puncten unserer Erde liegen, wo die äufsere Rinde unseres Planeten am stärksten abgekühlt ist, so hört die bis jetzt unerklärte Wanderung der magnetischen Pole auf, noch ferner ein unauflösliches Räthsel zu seyn, und erscheint vielmehr als eine nothwendige Folge jener veränderlichen Abkühlung[1]. Wir können diese Schlüsse

---

s. dessen Traité expérimental de l'Électricité et du Magnétisme. Par. 1834. T. II. p. 70 fgg., rücksichtlich des zweiten Satzes kann ich nur das bereits Gesagte, s. Poggendorff Ann. XXIX. 381., wiederholen. Weit entfernt, behaupten zu wollen, dafs die Bewegungen, welche Lenz bei seinem Apparate wahrnahm, nicht von Luftströmungen herrührten, bin ich zugleich völlig überzeugt, dafs sie bei dem meinigen Folge von Elektricität des Glases und der geringeren des Eises und Thones waren, und dieses Resultat wird sich allezeit herausstellen, wenn der Apparat dem von mir deutlich beschriebenen genau nachgebildet ist. Abgerechnet, dafs die Drehungen des Waagebalkens nach Fresnel's, Pouillet's und meinen eigenen Versuchen in etwa 400mal verdünnter Luft noch leichter erfolgen, als in atmosphärischer Luft, habe ich wiederholt das Holundermarkkügelchen zusammt dem Waagebalken gegen die Wandung des Glases, wie dieses bei elektrischen Conductoren häufig geschieht, fliegen gesehn, wenn die Erwärmung etwas stärker war. Da dieses nur in Folge elektrischer Erregung geschehn kann, so ist damit die Erklärung des Phänomens entschieden, indem man mir nicht zutrauen wird, dafs ich eine solche Thatsache dem Publicum aufzubürden beabsichtigen sollte. Der gläserne Apparat ist noch an seiner ursprünglichen Stelle vorhanden und zeigt fortdauernd den Unterschied der äufseren Temperatur und der des Zimmers, sobald dieser bis etwa 8° R. steigt. Dabei hat sich aber folgende merkwürdige und mir unerklärliche Veränderung herausgestellt. Die schöne und vorzüglich helle Halbkugel war im Sommer 1834 durch Austrocknen der Bodenscheibe in 3 grofse Stücke zersprungen. Diese habe ich blofs mit aufgelöstem arabischem Gummi zusammengeklebt und so den Apparat wieder hergestellt. Seitdem ist er im Ganzen unempfindlicher geworden, namentlich ist es unmöglich, den Balken um 180° durch Anhalten der warmen Hand herumzudrehn, aufserdem aber wird jetzt, im Gegensatze der früheren Erscheinung, nicht das Holundermarkkügelchen, sondern das mit Blattgold belegte Ende des Waagebalkens von der durch die Hand 15 bis 30 Secunden lang erwärmten Stelle angezogen, wenn der Abstand nicht über 100 bis 120 Grade beträgt; das genäherte Ende bleibt dann aber, wenn es dieser Stelle gerade gegenüber steht, so wie früher das Holundermarkkügelchen, ungeachtet fortdauernder Erwärmung, in vollkommener Ruhe und läfst sich von einer solchen durch stärkere Erwärmung einer andern Stelle schwer oder gar nicht entfernen.

1 Vor allen verdienen die zahlreichen Untersuchungen von Ha

hne den Vorwurf allzugroſser Kühnheit noch weiter verfol-
en und die aufgestellten Sätze mit den erwiesenen Hebungen
niger Theile Skandinaviens, und den Senkungen von Grön-
nds Küste in Verbindung setzen. Grönland hatte ehemals
n milderes Klima, eine gröſsere Wärme, namentlich des Bo-
ens, als gegenwärtig, und der eine Magnetpol lag daher west-
ch weiter entfernt, nach gröſserer Abkühlung des Bodens ist
er magnetische Pol näher gerückt und Grönlands Küsten zei-
en seit den letzten 100 Jahren, eine entschiedene Senkung[1],
uf der skandinavischen Halbinsel dagegen fällt die gröſsere
odenwärme mit den bekannten Hebungen zusammen, die
ach der sinnreichen Hypothese des scharfsinnigen L. v. Buch
on innen heraus bewirkt werden[2], und der östliche Magnet-
ol muſste daher weiter nach Osten gerückt werden.

Die beiden letzteren Sätze sind allerdings hypothetisch,
n Ganzen aber fallen eine solche Menge von ausgemachten
'hatsachen zusammen und die angegebenen Folgerungen gehn
ungezwungen unmittelbar daraus hervor, daſs der Beifall
n Allgemeinen kaum fehlen kann[3]. Uebersieht man zur Prü-
ung derselben namentlich die isothermischen und die isogeo-
hermischen Linien, so drängt sich unwillkürlich die Idee ei-
er gröſseren Bodenwärme in der bezeichneten Gegend auf,
ir müssen ihre Existenz einmal annehmen und die angege-
ene geringere Abkühlung des Bodens erscheint in Gemäſsheit
er beigebrachten triftigen Gründe als hauptsächliche Ursache

erücksichtigt zu werden, welcher den Zusammenhang der magnetischen
nd thermischen Verhältnisse unserer Erde nachgewiesen hat. Poggen-
orff Ann. XXVIII. 49. XXXIV. 68.

1 Man will ebendaselbst im verflossenen Jahrhunderte eine Ab-
ahme der Temperatur bemerkt haben. S. Voigt's Magazin. Th. IX.
. 470.

2 Vergl. Art. *Meer*. Bd. VI. S. 1604.

3 Es würde zu weit führen, wenn ich alle die vielfachen Folge-
ungen hier aus der Hypothese ableiten wollte, die ungezwungen
araus hervorgehn, deren innerer natürlicher Zusammenhang jedoch
eicht auffällt. Unter andern erinnere ich nur an die oben Th. VII.
. 360. aufgestellte Erklärung der Nordlichter. Die beiden groſsen
ontinente sind durch groſse Wasserstrecken, beide warm, die eine
orzugsweise, durchschnitten, welches auf die elektrische Erregung,
ie Magnetpole, den Ort der Nordlichter und die Declination der
Magnetnadel den vorhandenen Einfluſs nothwendig äuſsern muſs.

derselben, jedoch giebt es auch noch andere mitwirkende, die demnächst untersucht werden sollen.

133) Man nimmt an, dafs die Isothermen sich unter etwa 180° der Länge auf gleiche oder ähnliche Weise nördlich biegen, als dieses unter dem Meridiane von ungefähr 0° der Fall ist, und dafs sie somit lemniscatenförmig in sich selbst zurücklaufende Curven bilden. Ob dieses wirklich der Fall sey, kann wegen Mangels an genügenden Beobachtungen zwar nicht mit Gewifsheit, wohl aber mit Wahrscheinlichkeit angenommen werden. Ausgemacht ist, dafs in der Gegend auf beiden Seiten des Meridians von 180° an der asiatischen und americanischen Küste die Temperatur ungleich milder ist, als in Continente beider Welttheile. Aufser dem, was hierüber bereits angegeben worden ist, dienen noch folgende Thatsachen zum Beweise. Kotzebue[1] fand an der Westküste America's unter etwa 55° 36′ N. B. die Temperatur milder, als an der Ostküste Asiens zu Kamtschatka unter gleicher Breite, und unter 57° N. B., bei Neuarchangel milder, als selbst in Europa unter gleicher Breite, und dennoch ist der Winter in Kamtschatka gelinder als in Sibirien unter gleichem Parallel. Zu Sitka unter 57° 3′ N. B. fand Lütke[2] die mittlere Temperatur = 7°,25, weit höher als im asiatischen und americanischen Continente, obgleich niedriger als z. B. zu Aberdeen unter 57° 9′ N. B., wo sie 8°,64, und zu Bergen unter 60° 24′ N. B., wo sie 8°,18 beträgt. Auch Scouler[3] redet von dem grofsen Unterschiede der Temperaturen an der östlichen und westlichen Küste America's, indem unter andern die Bewohner von Quebeck gegen die gröfste Kälte zu kämpfen haben, während die Bewohner von Columbia unter ungefähr gleicher nördlicher Breite fast nackt gehn, und auch die höher liegenden aleutischen Inseln haben wegen steter Feuchtigkeit zwar keine warmen Sommer, aber auch keine kalten Winter[4]. Ebendieses Resultat geht hervor aus einer Vergleichung von Fort Vancouver mit Montreal, jenes unter 45° 38′, dieses unter 45° 31′ N. B., wo die mittlere Temperatur der

---

1 Neue Reise um die Welt. Weim. 1830. S. 19.
2 London and Edinburgh Phil. Mag. N. VI. p. 427.
3 Edinburgh Journal of Science N. XII. p. 351.
4 Langsdorf Reisen. Th. II. S. 55.

°,36, hier 7°,6 beträgt[1]. Es könnte seyn, dafs in der Strecke
ter etwa 180 Graden der Länge die Erdkruste gleichfalls
ht so vollständig abgekühlt wäre, als die grofse Wärme
ter 0° uns schliefsen läfst, bestimmte Thatsachen sind hier-
er jedoch nicht bekannt, auch ist nicht nöthig, zu dieser
pothese unsere Zuflucht zu nehmen, denn die Wärme
, wie der Unterschied der Temperaturen namentlich zu
ka und Aberdeen zeigt, unter 180° der Länge bei weitem
ringer als unter 0° und die ungewöhnliche Wärme der letz-
en Gegend erstreckt sich einestheils bei weitem nicht so
ch hinauf, indem MALASPINA[2] unter 60° N. B. das Was-
im Hafen Dessengaño im Juni noch mit Eis bedeckt fand
d KOTZEBUE[3] in der Eschscholtzbai unter 66° N. B. im
gust wegen grofser Eismassen nicht weiter vordringen konnte,
derntheils läfst sich die höhere Wärme jener Gegenden
ht aus andern Ursachen erklären, die aufser der angegebe-
n die Temperatur und hauptsächlich die mittlere bedingen.
hin gehören vorzüglich die

b) Strömungen des Meeres.

134) Der Einflufs des Golphstromes ist bereits in dieser
ziehung gewürdigt worden, aufserdem aber findet eine allge-
ine Strömung des Meeres in der Art statt, dafs die wärmeren
assermassen aus niederen Breiten neben den brittischen Kü-
n vorbei über Spitzbergen hinaus strömen. WHEWELL[4]
t diesen Gegenstand genauer untersucht und nachgewiesen,
fs eine solche Strömung, die er *Wellenströmung* nennt und
Folge der Wellenbewegung betrachtet, selbst unter dem Nord-
le hin sich bis zur Behringsstrafse erstreckt. Sie mufs der Natur
r Sache gemäfs hauptsächlich eine oberflächliche seyn, da das
rmere Wasser, als specifisch leichter, sich nach der Ober-
he hinzieht; wenn aber das Wasser in der Gegend der
ettländischen Inseln und hauptsächlich neben Spitzbergen
serdem noch von unten herauf erwärmt wird und die ganze

1 Compte Rendu 1835. p. 267. Daraus in Poggendorff Ann. XLI.

2 V. HUMBOLDT Neuspanien. Th. II. S. 277.

3 Dessen Reise. Th. II. S. 143.

4 Philos. Trans. 1833. P. I. p. 189.

Wassermasse sich in der angegebenen Richtung bewegt, so muſs hierdurch nothwendig eine Milderung der Temperatur bis zur Behringsstraſse bedingt werden. Ein Theil dieses wärmeren Wassers gelangt ohne Zweifel durch eine Bewegung nach Osten auch an die Westküste von Nowaja Semlia und ist dann eine von den Ursachen, welche die mildere Temperatur dieser Küste im Gegensatze der östlichen erzeugen, so daſs die gröſsere Anhäufung des Eises, von welcher Baer[1] diesen Unterschied ableitet, vielmehr als eine Folge der ebengenannten Ursache zu betrachten wäre. Auf die nämliche Ursache läſst sich dann auch die Erscheinung zurückführen, daſs das Meer in einiger Entfernung von den Nordküsten Sibiriens unter 75° N. B. in der Gegend von Kotelnoy, den Mündungen der Lena und des Kolyma gegenüber, später und weniger gefriert als an diesen selbst[2]. Das in der angegebenen Richtung strömende Wasser kann aber seine Wärme nicht länger beibehalten, als bis es zur Behringsstraſse gelangt, und vermag daher zur Erwärmung der Küsten unter niedrigeren Breiten wenig oder nichts mehr beizutragen, da es auf der langen Strecke seine höhere Temperatur ganz oder mindestens zum bei weitem gröſsten Theile abgegeben haben muſs, die mildere Temperatur der nördlicher liegenden Westküste von America wird aber durch eine andere Strömung bedingt, welche die wärmeren Wassermassen aus niederen Breiten in diese Gegenden führt, denn Kotzebue[3] bemerkt ausdrücklich, daſs er an denjenigen Stellen, die ihm dort eine so auffallend milde Temperatur zeigten, einen dicht an der Küste hinlaufenden nördlichen Strom wahrgenommen habe. Umgekehrt giebt es auch Kälte bringende Strömungen, unter denen diejenige, welche das tief erkaltete Wasser und ungeheure Eismassen aus dem Polarmeere der Ostküste Nordamerica's zuführt, am bekanntesten ist, mehr als diejenige, welche aus der Behringsstraſse herabflieſsend die Temperatur der östlichen Küste Nordasiens unter diejenige der gegenüber liegenden Westküste Nordamerica's herabdrückt.

---

1 Bulletin de la Soc. des Sc. de Petersb. T. II. N. 15.

2 V. Wrangel physikal. Beobacht. herausgegeben von Parrot S. 11.

3 A. a. O.

c) Luftströmungen und Winde.

135) Bei weitem die allgemeinste und wirksamste Ursache, wodurch die Temperaturverhältnisse bedingt werden, ist in den Luftströmungen zu suchen, und ich möchte dreist behaupten, dafs die Wichtigkeit dieser Ursache von den Meteorologen bei weitem nicht nach ihrer ganzen Bedeutsamkeit gewürdigt worden sey, denn sie erscheint mir als die einzige, woraus die räthselhaften Ungleichheiten der Temperaturen nicht sowohl verschiedener Orte, als vielmehr verschiedener Zeiten und Jahre an denselben Orten erklärbar werden. Die oben §. 128 erwähnte Erscheinung der Nachtfröste, welche bei ruhiger Luft die Pflanzen, hauptsächlich in den Niederungen, zerstören, möchte ich aus einem Herabsinken kälterer Luftmassen erklären[1], noch mehr aber die ungleich heifsen Sommer und kalten Winter aus dem Einflusse südlicher oder nördlicher Luftströmungen. Die gemeinsten allbekannten Erfahrungen geben hierüber eine genügende Menge von Thatsachen an die Hand. Wie wollen wir den so aufserordentlichen Unterschied der heifsen und kühlen Sommer, der milden und strengen Winter erklären? Eine ungleiche Erwärmung durch die Sonnenstrahlen ist ganz unzulässig, denn sonst müfsten die heiteren Sommer bei scharfer trockner Luft die heifsesten, die schwülen, von trocknen und feuchten Nebeln oder Wolken begleiteten, dagegen die kältesten seyn. Noch ungleich auffallender stellt sich jedoch der Widerspruch bei der Winterkälte heraus, die allezeit bei heiterem Himmel am stärksten, bei trübem und feuchtem dagegen am gelindesten ist. Meistens leitet man die Kälte im Frühjahre, welche die sogenannten Nachtfröste herbeiführt, aus einer stärkeren Strahlung ab, die bei heiterem Himmel gröfser als bei bedecktem seyn soll, allein nicht zu gedenken, dafs diese Strahlung allezeit noch als eine kühne, rücksichtlich der eigentlich dabei wirksamen Ursache noch keineswegs genau bestimmte Hypothese besteht, kann man, ohne der wissenschaftlichen Forschung Gewalt an-

---

1 Bekanntlich findet man die Ursache hiervon in einer stärkeren Strahlung; aber warum sollen Niederungen und Thäler stärker strahlen? Das Gegentheil, eine geringere Strahlung, müfste statt finden, da die von ihnen ausgehenden Radien nicht die ganze innere Halbkugel des Himmels treffen.

zuthun, die ungleiche Sommerhitze ebenso wenig, als insbesondere die ungleiche Strenge der Winter aus derselben ableiten. In heifsen Sommern haben wir oft Wochen lang bei Tage und bei Nacht heiteren Himmel, ohne dafs Abkühlung erfolgt, die nicht selten gerade dann eintritt, wenn am Abend Wolken entstehn und dem gemeinen Sprachgebrauche nach die Hitze sich durch Wetterleuchten abkühlt. Noch auffallender ist dieses im Winter. Aus langer Erfahrung erinnere ich mich vieler Winter, in denen es oft anhaltend bei Tage und bei Nacht heiter war, dennoch aber gehörten sie zu den gelinden; in anderen fiel bei trübem Himmel eine Menge Schnee herab, bedeutende Strahlung, die der Theorie nach von der weifsen Schneefläche noch geringer seyn müfste, konnte nicht statt finden, aber dennoch trat sofort eine empfindliche Kälte ein. Noch im December 1837 hatten wir einige Tage anhaltend heiteres Wetter bei sehr milder Temperatur, obgleich vorher schon Frost statt gefunden hatte und daher der Boden bereits abgekühlt seyn mufste, im Januar 1838 aber trat nach vorausgegangener Trübung und etwas Schnee eine anhaltende strenge Kälte ein. Unmöglich kann die ohnehin als *qualitas occulta* existirende Strahlung wie ein *deus ex machina* in Anspruch genommen werden, um diese abnormen Erscheinungen zu enträthseln.

Um vieles leichter und consequenter werden dieselben aus Luftströmungen erklärt, wenn wir annehmen, dafs kalte Massen aus der Polarzone oder von östlichen Gegenden herkommend und auf ausgedehnte Strecken herabsinkend Kälte bringen, statt dafs wärmere aus südlichen und westlichen Regionen Wärme herbeiführen. Diese ungleich wahrscheinlichere Hypothese wird leicht durch eine Menge Argumente unterstützt. Zuerst erklärt sich hieraus leicht der nicht selten plötzliche Uebergang von Wärme zur Kälte und umgekehrt, so wie das längere Anhalten der einmal eingetretenen Veränderung, die als eine nothwendige Folge des Beharrungszustandes bei so bedeutend grofsen bewegten Massen zu betrachten ist. Hiermit möchte ich in Verbindung bringen, dafs der allgemeine Charakter der Witterung sich hauptsächlich dann entscheidet, wenn in den Solstitien und Nachgleichen der Vor- und Rückgang der Sonne das Aufsteigen der Luftmassen in der äquatorischen Zone erzeugt und dadurch die Strömungen der

angrenzenden, nach der einen sowohl als nach der entgegengesetzten Richtung, in verschiedenen Schichten über einander bedingt, wobei es von unbekannten, wahrscheinlich mit den tropischen Regen zusammenhängenden Ursachen abhängt, ob die von Süden her nach den Polen sich hinwälzenden Massen oder die ihnen entgegengesetzten in der Art die Oberhand erhalten, dafs sie sich in der Nähe der Erdoberfläche im Ganzen erhalten, wenn gleich einzelne Störungen die Richtungen mannigfaltig abändern. Auf gleiche Weise läfst sich auch die im Allgemeinen bewährte Regel hier anknüpfen, dafs meistens die Witterungsdisposition in zwei auf einander folgenden Jahren sich ähnlich bleibt und nicht selten im zweiten noch entschiedener hervortritt. Zum Beweise will ich nur an die warmen Sommer 1806 und 1807, dann 1810 und 1811, wiederum 1818 und 1819 und endlich 1833 und 1834 erinnern. Insbesondere aber berufe ich mich hierbei gern auf einen gleichsam prophetischen Ausspruch von Kämtz[1], welcher sagt, dafs die Ursachen der allgemeinen Witterungsdispositionen vielleicht noch lange Zeit räthselhaft bleiben werden, wir aber seit geraumer Zeit durch vorzüglich warme Sommer und gelinde Winter verwöhnt worden sind, was wohl mit der Seltenheit der Nordlichter zusammenhängen möge, nach deren öfterem Erscheinen vielleicht eine andere Gestaltung eintreten dürfe. Ich möchte diesen Satz erweiternd sagen: sie haben wirklich angefangen, sich häufiger zu zeigen; dieses deutet an, dafs Strömungen der trockenen und kalten Polarluft nach niederen Breiten hin statt gefunden haben, in welcher eindringende wärmere Massen diese der Polarzone zunächst zugehörigen elektrischen Erscheinungen in den höhern Regionen erzeugen, und damit hat der Eintritt geringerer Sommerwärme und strengerer Winterkälte begonnen. Endlich aber folgt aus der Hypothese im Ganzen, dafs in der äquatorischen und der Polarzone der Wechsel kalter und warmer Jahre nicht so stark seyn kann, als in der zwischen beiden liegenden gemäfsigten, die dem Einflusse der kalten und warmen Luftströmungen am stärksten ausgesetzt seyn mufs.

---

1 In seiner Meteorologie. Die Stelle kann ich nicht sogleich wieder finden.

136) Es giebt ferner eine Menge von Erscheinungen, die den Einfluſs der Windrichtung auf die Temperatur unzweideutig darthun. Dahin gehört die für Deutschland und wohl das ganze westliche Europa allgemein gültige Erfahrung, daſs gröſstentheils mit Südwestwinden die Regenperioden beginnen, dann aber beim Uebergange der Windrichtung nach Norden Kälte mit nachfolgendem heiterem Wetter eintritt. Ueberhaupt ist der Satz, daſs südliche Winde Wärme, nördliche dagegen Kälte bringen, so allgemein bekannt, daſs er keines Beweises bedarf. Im westlichen Europa ist man hiermit sehr vertraut, jedoch darf diese Regel nicht auf alle Theile der Erde angewandt werden, weil der Einfluſs der Winde auf die Witterung im Allgemeinen und die Temperatur der Orte im Besondern von der Beschaffenheit derjenigen Gegenden abhängt, aus denen die Luftmassen herausströmen. Dieses ist an sich leicht begreiflich und es kommt bei der vorliegenden Untersuchung nur darauf an, nachzuweisen, welchen bedeutenden Einfluſs die Winde je nach ihren durch Oertlichkeiten bedingten Beschaffenheit auf die Temperatur haben, und diese Aufgabe ist nicht schwierig. Daſs für Deutschland die nördlichen Luftströmungen Kälte bringen, geht aus der Natur der Sache hervor, und ebenso nothwendig folgt, daſs die östlichen und noch mehr die nordöstlichen trockne Kälte herbeiführen müssen, denn sie kommen aus denjenigen Gegenden, wo nach den Erörterungen (oben a) eine gröſsere Kälte herrscht, als im westlichen Europa, hauptsächlich im Winter, auſserdem aber sind sie schon wegen ihrer niedrigen Temperatur trocken und obendrein noch dadurch, daſs sie auf der langen Länderstrecke ihren Wassergehalt bereits abgegeben haben; kein Wunder also, daſs sie den milderen Gegenden theils unmittelbar, theils in Folge der Dampfbildung Kälte und zwar trockne bringen, wodurch die Haut spröde wird und aufspringt[1]. Selbst Luftströmungen, die von benachbarten hohen Bergen herabsinken, drücken die mittlere Temperatur der Orte bedeutend herab, und daher ist wegen der Nähe der Alpen diese zu Marseille nur 14°,4, statt daſs sie zu Montpellier unter etwas höherer Breite 15°,2 beträgt[2]. Auch Scor-

1 Ueber eigenthümliche kalte Winde in Indien s. Wind.

2 Der Unterschied wäre noch gröſser, wenn wir nach v. Hr-

r[1] leitet die gröfsere Wärme zu Columbia von nordwestli-
en Winden ab, die eine feuchte und warme Luft von dem
eere herbeiführen, statt dafs ebendiese zu Quebeck eine be-
utende Kälte erzeugen, weil sie von den beeisten Küsten
s nördlichsten Theiles von America herkommen. Welchen
deutenden Einflufs überhaupt die Winde auf die Tempera-
r der meisten nordamericanischen Städte äufsern, ist bereits
iher[2] erwähnt worden.

Bei dem oben §. 111 angegebenen ungewöhnlichen Wech-
l der täglichen und jährlichen Temperatur in Mittelafrica
urde zugleich bemerkt, dafs gewisse Winde stets Wärme,
dere dagegen Kälte herbeiführen, und ebendieses findet im
ilthale statt, wo noch obendrein die aus der Wüste kom-
enden Südwinde im Winter kälter sind, als die über das
ittelländische Meer hinstreichenden Nordwinde[3]. In Persien,
mentlich zu Teheran, sind die vom Caucasus kommenden
Vinde wegen ihrer Kälte bekannt und nach Malcolm[4] zeigte
nst im Juni das Thermometer daselbst Mittags bei Südwinde
och 33° C., Abends nach eingetretenem Nordwinde dagegen
st 0°. Ganz so grelle Gegensätze, als diese angegebenen, zei-
en sich im westlichen Europa, wahrscheinlich in diesem gan-
en Welttheile nicht, weil sein Flächeninhalt kleiner, mithin
as Meer den einzelnen Orten näher ist, als bei den drei übri-
en, zugleich auch die ausgedehnten Hochebenen und rie-
enhaften Gebirgsketten ihm fehlen, die sich in jenen finden;
welche Ursachen aber bewirken mögen, dafs auch an den Küsten
von Neuholland, offenbar in Folge wechselnder Luftströmungen,
o auffallend starke Unterschiede der Temperaturen statt fin-
len und namentlich die von den blauen Bergen her wehenden
Vinde so unerträgliche Hitze bringen, dieses kann erst künf-
ig bei genauerer Kenntnifs jenes Welttheils entschieden wer-
en. In Europa ist vorzüglich Ungarn einem starken und mit-
nter schnellen Wechsel der Temperaturen ausgesetzt, welcher

---

oldt die mittlere Temperatur zu Marseille = 12°,27 annähmen. S.
ben d. Tabelle.

1 Edinburgh Journ. of Science. N. XII. p. 351.

2 S. Art. Klima.

3 Nach Abd-Allatif in Relat. de l'Égypte. Ed. Sacy. Bei
Kämtz Th. II. S. 44.

4 History of Persia. T. II. p. 509. Ebend.

durch die Winde bedingt wird, jenachdem diese über die südlichen Ebenen herzuströmen oder von Norden her, in welchem letzteren Falle sie, an sich schon kalt und trocken, an den Karpathen noch einen Theil ihrer Wärme verlieren.

137) Aus den angegebenen Gründen sind wir auf gewisse Weise gezwungen, die Wechsel der Temperaturen von den Luftströmungen abzuleiten, da sich kein anderer Grund zu ihrer Erklärung auffinden läfst. Dennoch ist es ausnehmend schwer, diesen Einflufs aus den beobachteten Windrichtungen nachzuweisen, und die Erfahrung führt hierbei nicht selten zu ganz widersprechenden Resultaten; indem fast allezeit die einmal eingetretene ungewöhnliche Hitze sowohl, als auch Kälte bei allen Windrichtungen fortdauert, ja selbst nicht blofs die Windfahnen geben dieses an, wonach man auf partielle untere Strömungen schliefsen könnte, sondern das Barometer zeigt auch in der Regel allezeit einmal oder sogar wiederholt während solcher Perioden durch seinen hohen oder tiefen Stand, dafs bei grofser Hitze nördliche und bei intensiver Kälte südliche Luftströmungen vorhanden seyn können. Bis zu einem gewissen Grade läfst sich diese Täuschung leicht beseitigen. Zuerst können die fraglichen Luftströme in höheren Regionen, als wohin die Windfahnen und selbst auch die niederen sichtbaren Wolken reichen, statt finden und sich an irgend einer Stelle niedersenken, von wo sie dann in ganz verschiedener Richtung sich bewegen, zweitens aber versteht sich von selbst, dafs sowohl die warmen als auch die kalten Luftmassen, durch welche bei ihrer ursprünglichen Bewegung die Temperatur gewisser Strecken bedingt wurde, später bei entgegengesetzter Strömung zuvor zurückgekehrt seyn müssen, ehe sich die durch sie erzeugten Temperaturen ändern. Auf diesem Umstande beruht es wohl vorzüglich, dafs in kalten Wintern nach anhaltendem Froste die Kälte bei tiefem Barometerstande noch eine geraume Zeit fortdauert und erst dann plötzlich milde Witterung eintritt.

138) Aus diesen Gründen ist es schwer, aus beobachteten gleichzeitigen Windrichtungen und Thermometerständen das Verhältnifs beider zu einander auf eine solche Weise auszumitteln, dafs daraus der Zusammenhang nördlicher Winde mit niedriger und südlicher mit hoher Temperatur hervorgeht, nicht zu gedenken, dafs wir nur von wenigen Orten etwa

ollständigere Beobachtungen der Windrichtungen besitzen, lie auf einen hinlänglichen Grad der Genauigkeit Ansprüche nachen können. Außerdem aber macht Kämtz[1] noch auf wei hierbei sehr wesentliche Bedingungen aufmerksam. Zuerst nn sich leicht treffen, dafs bei gleichzeitig beobachteten Baometerständen und Windrichtungen die letzteren, die nach m Anzeigen der Windfahnen oft für kurze Zeiten wechseln, in dem eigentlichen völlig entgegengesetztes Resultat geben. Diesem Uebelstande kann nur durch Vereinigung einer grösseren Zahl von Beobachtungen begegnet werden. Zweitens aber üben die Jahreszeiten einen bedeutenden Einflufs auf die Wirkungen der herrschenden Winde, indem namentlich die feuchten im Sommer eine Milderung der Hitze, im Winter dagegen der Kälte herbeiführen. Dafs dieses speciell im westlichen Europa von grofsem Einflufs sey, wo die feuchten Westwinde zwischen den warmen südlichen und kalten nördlichen der Mitte liegen, wird aus den folgenden Untersuchungen deutlich hervorgehn.

139) Dove hat zuerst in einer gelehrten Abhandlung[2] gezeigt, auf welche Weise mit Entfernung der einzelnen Anomalieen das Verhältnifs der Windrichtungen zu den Thermometerständen ausgemittelt werden könne, Kämtz hat im Wesentlichen dasselbe Verfahren angewandt und durch Vereinigung mehrerer Orte die sogenannte *thermometrische Windrose* Europa aufzufinden sich bemüht. Die durch Letztern gefundenen Resultate, um einen schätzbaren Beitrag aus Karlsruher Beobachtungen vermehrt, theile ich hier dem wesentlichen Inhalte nach um so mehr mit, je wichtiger es ist, dafs h an andern geeigneten Orten Beobachtungen der Windrichtungen gleichzeitig mit den Thermometerständen angestellt auf gleiche Weise zu einem Endresultate vereinigt werden. Thermometerstände und Windrichtungen mehrmals am Tage gleichzeitig aufgezeichnet worden, so stellt man nach dem von Kämtz[3] angewandten Verfahren von den gleichzeitig einmal mehrmal täglich angestellten Beobachtungen der Temperatur und Windrichtung die einem jeden Winde zu der näm-

---

1 Meteorologie. Th. II. S. 25.
2 Poggendorff Ann. XI. 567.
3 Meteorologie. Th. II. S. 25.

lichen Stunde in allen Monatstagen und, wenn mehrjährige Beobachtungen vorhanden sind, die den nämlichen Tagen und Stunden zugehörigen, auf solche Weise zusammen, dafs man die mit den verschiedenen (acht, sechzehn oder zweiunddreifsig) Windrichtungen zusammenfallenden mittleren Temperaturen erhält[1], und findet auf diese Weise die monatliche thermometrische Windrose. Sind mehrfache tägliche Beobachtungen vorhanden, deren ohnehin täglich zwei oder drei oder wohl noch mehr angestellt werden, so sucht man auf die angegebene Weise die den einzelnen Stunden zugehörigen mittleren Resultate und vereinigt diese zu einem gemeinschaftlichen monatlichen Mittel, um daraus die monatliche thermometrische Windrose zu finden, und diese monatlichen Mittel können dann wieder zur Auffindung vierteljährlicher oder ganzjährlicher thermometrischer Windrosen benutzt werden. Kämtz bezeichnet die Art seines Verfahrens noch genauer und zwar für drei Beobachtungen täglich, wovon man leicht die Regeln für nur eine, zwei oder mehrere tägliche Beobachtungen abstrahiren kann. Sind die Beobachtungen um 7h Morgens, 2 und 9h Nachmittags angestellt worden, so wird zuerst der monatliche mittlere Thermometerstand für diese Stunde gesucht. Dieser sey 10°,2, 14°,3 und 12°,4, also deren Mittel = 12°,3. Dann addirt man zu jeder Beobachtung den Unterschied des monatlichen mittleren und der diesen Stunden zugehörigen mittleren Temperaturen, also im vorliegenden Falle:

für 7h	....	12°,3 — 10°,2 = 2°,1
— 2h	....	12°,3 — 14°,3 = —2°,0
— 9h	....	12°,3 — 12°,4 = —0°,1

addirt dann die so corrigirten, den einzelnen Windrichtungen zugehörigen Thermometerstände zusammen, dividirt die Summe durch die Anzahl der Beobachtungen und erhält dann die jedem einzelnen Winde zugehörigen mittleren monatlichen Tem-

1 Dove benutzte die zu Paris gemachten mittägigen Beobachtungen des Windes und sah das Mittel aus dem Maximum und Minimum der Wärme als die ihm zugehörige Temperatur an. Sind mehrjährige Beobachtungen vorhanden, so werden einzelne Anomalien (wenn z. B. nach einer Bemerkung von Kämtz ein gewisser Wind in einem Monate nur einmal vorkommt und dann das Thermometer zufällig einen ungewöhnlichen Stand hat) ausgeglichen.

peraturen. Dafs diese dann wieder vereinigt werden können, um die jährliche Windrose zu erhalten, versteht sich von selbst. Zur Ausgleichung der Anomalieen und zur Auffindung der genaueren Curve bedient man sich der Polar-Coordinaten, von Nord durch Ost nach Süd bis zum Anfangspuncte zurückkehrend, nach derjenigen Formel, welche bereits mehrmals[1] angegeben worden ist. KÄMTZ erhält auf diese Weise von mehreren Orten in Europa die thermometrischen Windrosen.

London[2].

	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Winter . .	1°,13	1°,54	2°,77	3°,89	6°,18	6°,02	4°,70	2°,38
Frühling .	8,21	8,45	9,13	10,86	12,14	11,78	10,49	9,47
Sommer .	17,57	18,15	19,14	19,16	18,12	17,92	17,02	17,06
Herbst . .	9,14	10,53	11,03	11,97	11,32	11,77	10,42	9,86
Jahr . . .	9,01	9,66	10,52	11,47	11,69	11,87	10,66	9,69

Es fällt sogleich in die Augen, dafs die Resultate nach den Jahreszeiten verschieden sind; sucht man aber mit Anwendung

---

1 S. Art. *Meteorologie*. Bd. VI. S. 1960. Es wird genügen, hier zu bemerken, dafs man zur Auffindung der einem gewissen Winde zugehörigen Temperatur bei 8 Winden diese von N. anfangend durch NO., O. u. s. w. bis NW. gerechnet mit den Zahlen 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 bezeichnet. Heifst dann T_w die einem so bezeichneten Winde zugehörige Temperatur, T aber seine aus den Beobachtungen gefundene mittlere, so ist

$$T_w = T + u.\,\mathrm{Sin.}\,(w\,45^\circ + v) + u'\,\mathrm{Sin.}\,(w\,90^\circ + v').$$

In diesem Ausdruck findet man die für u, v, u' und v' gehörigen Werthe, wenn man die den Winden zugehörigen beobachteten Temperaturen in folgende Formeln aufnimmt, in denen 0, 1, 2 . . . . 7 die jenigen Temperaturen sind, die den durch diese Zahlen bezeichneten Winden zugehören. Es ist dann

$$u\,\mathrm{Sin.}\,v = \tfrac{1}{4}[0 - 4 + (1 - 3 - 5 + 7)\,\mathrm{Sin.}\,45^\circ]$$
$$u\,\mathrm{Cos.}\,v = \tfrac{1}{4}[2 - 6 + (1 + 3 - 5 - 7)\,\mathrm{Cos.}\,45^\circ]$$
$$u'\,\mathrm{Sin.}\,v' = \tfrac{1}{4}(0 - 2 + 4 - 6)$$
$$u\,\mathrm{Cos.}\,v' = \tfrac{1}{4}(1 - 3 + 5 - 7).$$

Auf welche Weise für 16 Winde gerechnet werde, ergiebt sich hieraus von selbst, wenn man die a. a. O. zur Auffindung der barometrischen Windrose angegebene Formel hiernach abändert.

2 Aus 9jähr. Beobachtungen von 1776 bis 1781 und 1787 bis in den Phil. Trans. Die Beobachtungszeiten waren 8h Morgens 2h Nachmittags. Hiernach sind alle Thermometerstände zu hoch, jedoch bei der Aufsuchung der Verhältnisse nichts schadet.

des angegebenen analytischen Ausdruckes diejenigen Winde, bei denen der höchste und tiefste Barometerstand statt findet, so erhält man

	Minimum		Maximum		Unterschied
Winter .	N. 11° O.	1°,19	S. 30° W.	6°,38	5°,19
Frühling .	N. 82° O.	8,22	S. 14° W.	15,15	3,93
Sommer .	N. 54° W.	17,05	S. 71° O.	19,15	2,10
Herbst . .	N. 5° W.	9,34	S. 24° O.	11,67	2,33
Jahr . . .	N.	9,08	S. 12° W.	11,87	2,79

Die nördlichen Winde sind also die kalten, die südlichen die warmen, jedoch liegt der kälteste Wind im Winter und Frühling etwas östlich, im Sommer und Herbst westlich; für den wärmsten findet das Gegentheil statt.

Paris[1].

	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Winter . .	2°,90	1°,00	1°,99	4°,58	6°,63	7°,93	7°,03	4°,83
Frühling .	10,98	11,96	14,04	16,52	16.24	14,57	13,49	11,72
Sommer .	21,79	22,49	24,60	26,29	23,60	21,31	21,05	20,60
Herbst . .	11,85	11,45	12,90	15,25	15,55	15,66	13,49	12,59
Jahr . . .	12,02	11,76	13,50	15,25	15,43	14,92	13,64	12,3[illegible]

Hieraus folgt auf die angegebene Weise:

	Minimum		Maximum		Unterschied
Winter . .	N. 53° O.	1°,17	S. 54° W.	7°,74	6°,57
Frühling .	N. 7° O.	10,97	S. 25° O.	16,57	5,60
Sommer .	W.	20,68	S. 53° O.	25,90	5,22
Herbst . .	N. 28° O.	11,49	S. 2° W.	15,99	4,50
Jahr . . .	N. 18° O.	11,69	S. 17° O.	15,70	4,01

Hamburg[2].

	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Winter .	-1°,37	-3°,12	-3°,25	-2°,00	1°,37	2°,12	2°,25	[illegible]
Frühling .	7,88	7,75	8,75	10,37	9,62	9,62	8,50	[illegible]
Sommer .	17,62	18,25	19,38	20,37	19,00	18,25	16,50	[illegible]
Herbst .	7,75	7,75	8,75	9,12	10,13	10,62	9,88	[illegible]
Jahr . . .	8,00	7,62	8,38	9,50	10,00	10,13	9,25	[illegible]

---

1 Nach 11jährigen Mittagsbeobachtungen auf der Sternwarte von 1816 bis 1826.

2 Aus 15jähr. Beob. in Buek Hamburgs Clima und Witterung.

Berechnung giebt hiernach:

	Minimum		Maximum		Unterschied
nter .	N. 65° O.	—3°,77	S. 46° W.	2°,98	6°,75
hling .	N. 4° O.	7,57	S. 18° O.	10,16	2,59
nmer .	N. 64° W.	16,41	S. 41° O.	20,04	3,63
rbst . .	N. 23° W.	7,70	S. 50° W.	10,52	2,82
r . . .	N. 30° O.	7,70	S. 16° W.	10,20	2,50

Karlsruhe[1].

	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
inter . .	-1°,21	-2°,44	-1°,51	1°,46	3°,98	4°,27	2°,93	1°,03
ihling .	9,17	9,26	11,50	13,94	13,65	11,72	10,78	10,44
nmer .	18,34	18,89	20,52	20,90	19,58	18,49	19,02	18,96
rbst . .	9,38	8,62	9,66	11,12	11,52	11,36	11,30	10,85
r . . .	9,93	7,87	9,06	11,88	12,51	11,49	11,61	11,86

hieraus gesuchten Minima und Maxima sind folgende:

	Minimum		Maximum		Unterschied
inter . .	N. 52° O.	—2°,40	S. 28° W.	4°,43	6°,83
ihling .	N. 28° O.	9,04	S. 28° O.	14,19	5,15
mmer .	N. 9° O.	18,29	S. 60° O.	21,02	2,73
rbst . .	N. 41° O.	8,62	S. 7° O.	11,43	2,81
ır . . .	N. 53° O.	7,80	S. 14° O.	12,62	4,82

Ofen[2].

	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
inter .	-2°,71	-1°,43	-0°,53	-0°,99	0°,80	1°,32	0°,03	-0°,29
ühling .	8,70	10,14	9,91	11,91	12,42	12,20	9,96	9,36
mmer .	20,26	21,28	28,10	23,75	23,04	22,87	20,64	19,82
rbst . .	9,15	9,55	10,10	10,64	12,44	12,62	10,40	9,55
ır . . .	8,83	9,85	10,51	11,22	12,30	11,88	10,19	9,74

raus ergiebt die Berechnung:

	Minimum		Maximum		Unterschied
inter . .	N. 5° O.	—2°,07	S. 53° W.	1°,25	3°,32
ihling .	N. 2° W.	9,02	S. 12° W.	12,69	3,67
nmer .	N. 33° W.	19,92	S. 42° O.	23,44	3,52
rbst . .	N. 25° W.	9,13	S. 23° W.	12,72	3,59
r . . .	N. 16° W.	9,13	S. 11° W.	12,20	3,07

1 Aus 42- bis 45jähr. Beob., nach Eisenlohr in Untersuchungen r den Einfluſs des Windes u. s. w. Heidelb. 1837. 4. S. 47.

2 Aus 9jähr. Beob. von 1782 bis 1786 und 1789 bis 1792 auf der rnwarte. In Mannheimer Ephemeriden.

Moscau[1].

	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Winter	-4°,74	-14°,86	-11°,86	-7°,96	-4°,26	-5°,13	-5°,56	-11°,27
Frühling	2,30	3,51	4,80	4,74	5,21	7,21	6,29	5,06
Sommer	16,69	17,78	18,40	19,09	18,74	17,14	17,58	16,46
Herbst	0,59	—0,68	2,78	3,91	4,14	3,51	3,30	1,04
Jahr .	1,21	1,44	3,58	4,62	5,96	5,69	5,40	3,3[illegible]

Hieraus erhält man:

	Minimum		Maximum		Unterschied
Winter . .	N. 24° O.	—15°,41	S. 36° W.	—4°,13	11°,28
Frühling .	N. 8° O.	2,63	S. 69° W.	7,20	4,57
Sommer .	N. 22° W.	16,65	S. 51° O.	19,06	2,41
Herbst . .	N. 20° O.	— 0,53	S. 24° O.	4,17	4,70
Jahr . . .	N. 19° O.	1,06	S. 42° W.	5,90	4,84

Stockholm[2].

	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Winter .	-8°,3	-7°,00	-2°,80	0°,24	1°,01	0°,63	-0°,69	-5°,4[illegible]
Frühling .	0,24	—0,23	2,63	4,55	5,10	5,46	5,91	2,4[illegible]
Sommer . .	14,88	16,02	16,99	17,08	18,54	17,15	17,08	14,5[illegible]
Herbst . .	3,74	5,51	8,23	9,41	8,78	8,46	7,21	3,0[illegible]
Jahr . . .	2,65	3,49	6,24	7,89	8,36	8,03	7,35	3,4[illegible]

Hieraus erhält man:

	Minimum		Maximum		Unterschied
Winter .	N. 10° O.	—8°,55	S. 17° W.	0°,98	9°,53
Frühling .	N. 21° O.	— 0,57	S. 64° W.	5,85	6,42
Sommer .	N. 21° W.	14,60	S. 22° W.	18,06	3,46
Herbst . .	N. 16° W.	2,98	S. 35° O.	9,07	6,09
Jahr . . .	N. 2° O.	2,27	S. 26° W.	8,41	6,14

Kämtz leitet aus diesen Thatsachen die unmittelbar aus ihnen hervorgehenden Resultate ab, die ich unverändert mittheilen kann, da sie durch die Karlsruher Beobachtungen zur Bestätigung finden. Man sieht, dafs überall in Europa die nördlichen Winde Kälte, die südlichen dagegen Wärme brin-

1 Beobachtungen von Stritter aus den Jahren 1785 und 17[illegible] dann 1789, 1791 und 1792, in den Mannheimer Ephemeriden, durch Kämtz auf Centesimalgrade reducirt.

2 Aus 9jähr. Beob. von Nicander in den Jahren 1784 bis 17[illegible] Aus den Mannheimer Ephemeriden.

ı, und zwar in einem sehr bedeutenden Verhältnisse, wie
rerkennbar hervorgeht, wenn man die so eben gefundenen
rlichen Unterschiede der Temperaturen an den einzelnen
en mit den daselbst statt findenden mittleren vergleicht
l das Verhältnifs beider aufsucht, wie die nachfolgende
ammenstellung zeigt.

Orte	Breite	Mittl. Temper.	Unterschiede d. Temp.	Verhältnifs.
London .	51° 31′	9°,83	2°,79	0°,283
Paris . . .	48 50	10,81	4,01	0,371
Hamburg	53 33	8,90	2,50	0,281
Karlsruhe	48 59	10,48	4,82	0,460
Ofen . . .	47 30	10,53	3,07	0,291
Moscau .	55 47	3,26	4,84	1,484
Stockholm	59 21	5,10	6,14	1,204

Allgemeinen liegt ferner der kälteste Wind etwas östlich
ı Norden, weil in Europa die Kälte nicht blofs aus den
lich, sondern auch aus den östlich gelegenen Gegenden
ugeführt wird, der wärmste etwas westlich von Süden,
l die wärmste Strecke der Erde und das sehr erwärmte
r nach dieser Richtung hin liegen; aus ebendiesen Grün-
aber geht im Winter und Frühjahr der kälteste Wind
r nach Osten, der wärmste mehr nach Westen, im Som-
dagegen wird die Richtung des kältesten Windes mehr
lich, des wärmsten dagegen mehr östlich, weil dann die
tteren westlichen Luftströmungen Abkühlung, die trock-
östlichen aber Vermehrung der Wärme herbeiführen. Eine
aere Vergleichung zeigt indefs bedeutende Unterschiede.
t nämlich für

Orte	Minimum	Maximum
London .	N.	S. 12° W.
Paris . . .	N. 18° O.	S. 17° O.
Hamburg	N. 30° O.	S. 16° W.
Karlsruhe	N. 53° O.	S. 14° O.
Ofen . . .	N. 16° W.	S. 11° W.
Moscau . .	N. 19° O.	S. 42° W.
Stockholm	N. 2° O.	S. 26° W.

rz meint, diese Abweichungen beruhten auf der Un-
ommenheit der Beobachtungen, weil zur Ausmittelung der

Windrichtungen vieljährige genaue Beobachtungen erforderlich sind und daher auch die durch unmittelbare Beobachtungen und die durch Berechnung gefundenen Werthe immer merklich abweichen. Dieses ist gewifs unbezweifelt richtig; von der andern Seite aber ist nicht weniger ausgemacht, dafs die Windrichtungen selbst an einander naheliegenden Orten durch Localverhältnisse merklich geändert werden, wenn gleich die Luftströmung im Ganzen dieselbe ist. So versichert unter andern OTTO EISENLOHR, dafs zwischen den wenig entfernten Städten Strafsburg und Karlsruhe ein merklicher Unterschied der Windrichtungen wahrgenommen wird, welcher in der Lage der Alpen, der Schwarzwaldgebirge, einiger Wälder und vielleicht auch in der Richtung des Rheinstromes seinen Grund hat. Da dieses auf sichern Beobachtungen beruht und die Karlsruher Beobachtungen außerdem nicht blofs dreimal täglich gemacht worden, sondern bei weitem die längste Reihe von Jahren umfassen, so dafs ... sen wohl die Frage, ob der kälteste und wärmste Wind ... diametral entgegengesetzt sind, verneinend beantwortet ... DOVE[1] will dieses für Paris gefunden haben und nennt ... Linie dann den *meteorologischen Meridian*, welcher mit dem astronomischen einen Winkel von 17° bildet; KÄMTZ, ... welcher ein Glied mehr in die Formel zur Berechnung der mittleren Windrichtung aufnimmt, gelangt zu einem ... abweichenden Resultate und findet dieses wegen der eigenthümlichen Krümmung der isothermischen Linien nothwendig. Hieraus geht dann von selbst hervor, dafs die Richtungen der kältesten und wärmsten Winde, obgleich ... zu einander ähnlich, doch für jeden einzelnen Ort besonders aufgesucht werden müssen und dafs es keinen ... Nutzen gewährt, dieselben im Mittel für Europa aus den ... getheilten Resultaten abzuleiten; auch folgt aus den ... gegebenen Gründen, dafs diese Richtungen in den ... Jahreszeiten verschieden seyn müssen, nicht zu gedenken, ... auch hierauf partielle Localursachen einen nicht unbedeutenden Einflufs ausüben.

140) KÄMTZ macht noch die interessante Bemerkung, ... der Unterschied zwischen den durch kalte und warme ...

---

1 Poggendorff Ann. XL. 578.

ügten Temperaturen nicht in allen Jahreszeiten gleich grofs und dieses auch nicht seyn kann, weil namentlich im mer die Wärme nach den Polen hin weit weniger ab- t als im Winter. Beispielsweise darf man nur anneh- , nach Paris käme im Winter und im Sommer einmal ein er Luftstrom von den canarischen Inseln und dann von stiania, jedesmal bei vorhandener mittlerer Temperatur Jahreszeiten, so würde im Winter der warme Wind , der kalte aber — 3°,7 haben, mit einem Unterschiede 21°,8; im Sommer dagegen würden 24°,8 und 15°,8 als den beiden Winden nach den Orten, woher sie kommen, hörigen Temperaturen nur einen Unterschied von 9° her- ufen, und der Einfluſs der ungleichen Winde muſs daher, achtet mancher störenden Bedingungen, im Winter gröſser als im Sommer. Schouw[1] hat aus einer langen Reihe Jahren den Einfluſs der östlichen und westlichen Winde die mittlere Temperatur von Kopenhagen aufgesucht und die verschiedenen Jahreszeiten folgende Resultate erhalten:

	Westlich	Oestlich	Unterschied
Winter . . .	0°,54 . . .	— 1°,56 . . .	— 2°,10
Frühling . .	6,40 . . .	6,05 . . .	— 0,35
Sommer . .	17,24 . . .	17,74 . . .	0,50
Herbst . . .	9,46	9,46 . . .	0,00

übrigens der durch entgegengesetzte Luftströmungen er- te Unterschied der Temperaturen selbst nicht an allen n in Europa gleich seyn könne, liegt in der Natur der , weil die gröſseren Land- oder Wasserstrecken, die en oder Gebirge, über welche die Luftmassen strömen, hre Temperatur einen bedeutenden Einfluſs haben. Nach nitgetheilten Uebersicht der für die untersuchten Orte ge- nen Resultate scheint dieser Einfluſs mit der Breitenzu- e zu wachsen und auch mehr in der Mitte groſser Con- te stärker zu seyn. Ebenso ist von selbst klar, daſs für e Welttheile, überhaupt für weit von einander entfernte ganz verschiedene Gesetze rücksichlich des Einflusses Windrichtungen auf die Temperaturverhältnisse statt fin-

[1] Klimatologie. Hft. I. S. 71.

141) Aus den bisher mitgetheilten Erörterungen scheint mir zur Evidenz hervorzugehn, dafs, wenn wir einmal die nicht wohl zu bezweifelnde ungleiche Wärme des Bodens als eine constante Ursache der verschiedenen mittleren Temperaturen der Orte unter ungleichen Meridianen betrachten, die regelmäfsigen Wechsel der Wärme ausschliefslich vom Stande der Sonne, die unregelmäfsigen dagegen fast ebenso vollständig von der Richtung der Luftströmungen abzuleiten sind, und dafs wir daher keineswegs einer noch nirgends aus sicheren Thatsachen als nothwendig abgeleiteten Strahlung bedürfen, um die unregelmäfsigen und meistens plötzlich eintretenden Wechsel der Temperaturen zu erklären. Dieser Satz würde noch überzeugender hervorgehn, wenn mehrere genaue Beobachtungen der herrschenden und wechselnden Windrichtungen, verbunden mit der Angabe gleichzeitiger Temperaturen, von vielen, ihrer Localität nach bekannten Orten zu Gebote ständen. Es scheint mir, als ob auch die Schwankungen des Luftoceans im Ganzen zur Erklärung der Temperaturverhältnisse eine nähere Berücksichtigung verdienen, als ihnen bisher zu Theil geworden ist; denn es läfst sich wohl nicht in Abrede stellen, dafs durch den ungleichen Stand der Sonne das Luftmeer in eine ihr folgende Bewegung versetzt wird, die daher mit dem Eintritte der Solstitien einen Wechsel beginnt, und obgleich die über diese Termine hinaus noch fortdauernde Kälte und Wärme zum grofsen Theile von der einmal bestehenden Erkaltung und Erwärmung des Bodens richtig abgeleitet wird, so dürften doch die genannten Oscillationen nicht unwesentlich hierzu beitragen. Ein Grund zu dieser Annahme liegt in den häufigen Erfahrungen, dafs im Frühling nach heiterer und warmer Witterung abermals Kälte, so wie im Sommer oder Herbst nach bedeutender Abkühlung wieder Wärme eintritt[1].

---

1 Die genauere Bestimmung der beiden kalten und eines oder zweier warmen Meridiane, worauf zuerst A. v. Humboldt aufmerksam gemacht hat, mögen sie von der ungleichen Abkühlung der Erde oder von sonstigen unbekannten Ursachen abhängen, ist für die Wärmeverhältnisse der nördlichen Halbkugel von gröfster Wichtigkeit. Mehr hypothetisch ist, wenn ich aus langer Erfahrung abstrahirt habe, dafs im Ganzen und abgesehen von einzelnen Winden für Deutschland die Witterungsdisposition im Winter von Ost nach West, im Sommer [illegible]

l) Hydrometeore und Feuchtigkeitszustand des Bodens.

142) Die auſser den drei genannten noch existirenden, mit minder bedeutenden Ursachen, welche die Temperaturen r verschiedenen Orte bedingen, lassen sich leicht in einer zen Uebersicht zusammenstellen. Hierher gehört die Feuch-gkeit des Bodens, die in heiſsen Gegenden die Wärme ver-indert, in kalten dagegen vermehrt, beides in Folge der ſsen specifischen Wärmecapacität des Wassers und der nge von Wärme, die durch das Schmelzen des Eises und e Bildung des Dampfes gebunden, durch die entgegengesetzten ocesse aber frei wird. Boussingault[1] unter andern hat n einer Menge Orte in America zwischen 5° und 10° N. B. chgewiesen, daſs ihre mittlere Temperatur in Folge vor-rschender Feuchtigkeit merklich geringer ist, als die anderer, o Trockenheit herrscht. Dahin gehört denn auch der Ein-uſs des benachbarten Meeres, groſser Seen und selbst mäch-ger Ströme, die, so wie ausgedehnte Waldungen, sämmtlich die tze des Sommers und die Kälte des Winters etwas mildern, Ganzen aber wohl, mit Ausnahme des Meeres unter hö-ren Breiten, die mittlere Temperatur etwas herabbringen. it vollem Rechte leitet Hansteen[2] den groſsen Unterschied r jährlichen Schwankungen zu Leith und Christiania, die rt nur 19°,74, hier aber 45°,466 betragen, von den Nebeln , die vom Meere an die schottische Küste getrieben wer-n, und die milde Temperatur an Norwegens Westküste ist ar zum Theil Folge einer dortigen gröſseren Bodenwärme, läugbar aber zugleich auch der vom Meere herbeigeführten men Nebel. Ueber den Einfluſs einer heiteren oder trüben tosphäre stellte Hutton[3] den allgemeinen Satz auf, daſs e Verminderung der Wärme durch Trübung erfolge, wenn Temperatur bei heiterem Himmel gröſser als die mittlere,

---

egengesetzter Richtung fortschreitet. So kann man in Hamburg Eintritt der Kälte nach dem Verhalten zu Petersburg, in unserer nd nach dem in Wien ziemlich sicher vorausbestimmen, was viel-it auf einer Bewegung des Luftoceans im Ganzen beruht.

1 Ann. Chim. et Phys. T. LIII. p. 225.

2 Edinburgh Journ. of Science. N. XVII. p. 187.

3 Edinburgh Philos. Trans. T. I. p. 84.

dagegen eine Vermehrung, wenn sie geringer sey. Kämtz[1] hat einen für die Entscheidung der vorliegenden Frage sehr interessanten Beitrag geliefert, indem er aus 9jährigen Beobachtungen zu Ofen die Temperaturen an heiteren und bewölkten Tagen vereinigte und mit einander verglich, woraus folgende Resultate hervorgingen, bei denen das positive Zeichen im Winter eine Vermehrung, das negative im Sommer eine Verminderung der Wärme durch Trübung anzeigt.

Monat	heiter	bewölkt	Unterschied
Januar	—3°,58	—0°,86	+2°,72
Februar	— 2,45	0,80	+ 3,25
März	3,09	3,61	+ 0,52
April	10,73	9,11	— 1,62
Mai	19,01	15,01	— 4,00
Juni	21,73	18,70	— 3,03
Juli	23,09	20,55	— 2,54
August	22,41	19,65	— 2,76
September	17,65	15,59	— 2,06
October	10,09	9,91	— 0,18
November	3,17	4,19	+ 1,02
December	— 0,85	0,41	+ 1,26

Als eine Folge dieser Trübung betrachtet er dann auch die Kälte, welche nach einem Regen im Sommer meistens einzutreten pflegt, und beruft sich dabei auf eine Angabe von de Luc[2], wonach das Thermometer zu Genf am 21sten Aug. 1764 auf 27°,5 zeigte, nach einem Regen aber auf 10° herabging. Beispiele dieser Art sind nicht selten, insbesondere wenn auf drückender Hitze Gewitter mit Hagel folgen. Unter vielen andern sank bei dem grofsen Hagelwetter in Hannover[3] die Wärme von 31°,25 in kaum einer Stunde auf 6°,25 C. herab, und im Jahre 1832 beobachtete ich in Baden-Baden, dafs in der Mitte des Monats Juli das Thermometer, welches am Tage vorher um Mittag noch über 30° C. gezeigt hatte, bei feinem Regen auf 10°,5 herabging, nachdem auf dem Schwarzwalde ein Hagelwetter statt gefunden hatte, nach welchem dort is

1 Meteorologie. Th. II. S. 22.
2 Modificat. de l'Atmosph. §. 720. T. III. p. 273.
3 S. Art. *Hagel*. Bd. V. S. 80.

iner Nacht die Kartoffeln und Bohnen erfroren. Nach meier Ansicht aber sind solche plötzliche auffallende Wechsel ur zum geringen Theile Folgen einer Trübung oder der 'erdampfung, denn sonst müfsten sie allezeit mindestens in ıst gleicher Stärke eintreffen, sondern sie werden bei weitem um gröfsten Theile durch das Herabsinken der tief erkalte:n Luftmassen aus beträchtlichen Höhen herbeigeführt. Heben ich diese bald wieder oder erhalten warme südliche Lufströmungen die Herrschaft, so ist die Abkühlnng nur kurzdauernd ınd unbeträchtlich, wie denn oft nach Gewittern keine beleutende Kälte eintritt und namentlich hier im Jahre 1824 die Värme nach einem ungewöhnlich starken Hagelwetter nur unıerklich abnahm. In der Regel aber entstehn solche starke tmosphärische Niederschläge durch das Zusammentreffen kal:r nördlicher und warmer südlicher Luftströmungen, die erteren behalten dann in den unteren Regionen die Oberıand und es entsteht bleibende Kälte.

143) Es giebt noch verschiedene Ursachen, welche auf lie Temperatur einzelner Orte oder Länderstrecken einen Einlufs haben, allein sie sind zu unbedeutend, um einzeln erwähnt zu werden, und bieten sich aufserdem jedem Forscher 'on selbst dar. Dahin gehört unter andern der Schutz, welhen eigens gelegene Berge gegen den Einflufs heifser oder alter Winde gewähren, der Schatten von dichten Waldun;en oder die Vermehrung der Hitze durch Felsen, die den Sonnenstrahlen ausgesetzt sind; auch ist, wie HAMILTON[1] richtig bemerkt, die Temperatur in den Städten wegen der rielen Verbrennungen und der engeren Zusammendrängung ahlreicher Menschen und Thiere gröfser, als auf dem Lande. Solche Einflüsse verdienen bei der Wahl des Ortes, wo die Beobachtungsthermometer aufgehangen werden, Berücksichti;ung, sie eignen sich aber nicht zur Aufnahme in eine Unersuchung der allgemeinen Ursachen, welche die Temperatuen bedingen.

---

1 Biblioth. Britann. T. VIII. p. 337.

E. Veränderung der Temperaturen.

144) Die Frage, ob die Wärme der Erde im Ganzen sich verändert habe, ist bereits in Beziehung auf ursprüngliche Gestaltung und nachherige Ausbildung dieses Planeten untersucht worden[1] und die beigebrachten Thatsachen führten zu dem Resultate, dafs die Temperatur der verschiedenen Orte, einige minder bedeutende Wechsel nicht gerechnet, seit der historischen Zeit im Mittel sich gleich geblieben sey, so wenig auch die Hypothese einer ursprünglichen Glühhitze des Ganzen und allmäliger Abkühlung der äufseren Rinde erheblichen Zweifeln unterliegt. Jene Wahrheit, obgleich im Widerspruche mit den Meinungen Vieler, die in einigen Gegenden eine Verminderung, in andern eine Vermehrung der Wärme annehmen, läfst sich durch unwiderlegliche Thatsachen über jeden Zweifel erheben[2]. Allerdings ist es wohl möglich, dafs namentlich in Deutschland durch stärkere Entwaldung und erweiterte Bodencultur gröfsere Trockenheit herbeigeführt worden seyn mag, wodurch die Hitze des Sommers und ebenso, wegen freieren Luftzuges, die Kälte des Winters vermehrt werden mufs, ohne dafs die mittlere Temperatur eine merkliche Aenderung erleidet. Auf gleiche Weise mögen einzelne Districte durch Entfernung schützender Wälder oder Ansammlungen von kalten Wasser der Gletscher selbst von ihrer mittleren Wärme etwas verloren, so wie andere durch entgegengesetzt wirkende Ursachen gewonnen haben, ohne dafs jener Behauptung dadurch Abbruch geschehn kann, weil alle Thatsachen, die rücksichtlich einiger Gegenden hierfür entscheiden, durch entgegengesetzte für andere benachbarte Districte wieder aufgehoben werden. Dieses Resultat geht auch aus den Untersuchungen hervor, welche Ideler[3] der vorliegenden Frage gewidmet hat, indem er zeigt, dafs allerdings an manchen Orten früher Wal-

1 S. Art. *Geologie*. Bd. IV. S. 1332.

2 Die nachfolgenden, nur kurz angedeuteten Thatsachen sind im Art. *Temperatur der Erde* ausführlicher erörtert. Aufserdem wird diese wichtige Aufgabe hier und dort verschieden behandelt und es kann daher keine der beiden Darstellungen als eigentliche Wiederholung gelten.

3 Berghaus Ann. Th. V. S. 421.

r waren, wo sie gegenwärtig wegen Rauheit des Klima's
cht mehr fortkommen; weil bekanntlich die dicht gedrängten
iume einander gegenseitig Schutz hauptsächlich gegen zeh-
nde Winde und ausdürrende Sonnenstrahlen gewähren, dafs
gegen die früheren Thermometerbeobachtungen zu Lund,
ockholm, London und Kopenhagen auf eine der jetzigen
ihe gleiche Temperatur schliefsen lassen. Sehr beweisend in
eser Beziehung sind die Resultate, welche Venez[1] aus sei-
er Vergleichung der wechselnden Gröfse vieler Gletscher ent-
hnt hat, wonach eine beträchtliche Zahl derselben fort-
uernd zu wachsen, andere dagegen abzunehmen scheinen.
ne unmittelbare Beweisführung wäre allerdings nur aus ei-
r Vergleichung sehr alter genauer Thermometerbeobachtun-
n möglich, die uns leider fehlen; um so schätzbarer sind
swegen die Beiträge, wodurch Libri[2] diesen Theil der Me-
orologie bereichert hat. Dieser fand nämlich einige solche
hermometer auf, welche ehemals von der Akademie del Ci-
ento verfertigt wurden und womit namentlich Raineri in
r Mitte des 17ten Jahrhunderts 16 Jahre zu Florenz Beob-
htungen anstellte. Die Reduction ihrer Scalen verstattete
ne Vergleichung der gefundenen Temperaturen mit denen,
e seit 1820 auf der dortigen Sternwarte gemessen wurden,
oraus hervorgeht, dafs einmal — 6°,25 und ein andermal
11°,25 C. beobachtet wurde, also die Wärme Toscana's,
ngeachtet der seit 60 Jahren geschehenen Abholzung der
penninen, nicht abgenommen hat. Noch in weit ältere Zeiten
ehn die Vergleichungen zurück, welche Schouw[3] beigebracht
at. Hiernach fällt in Italien noch jetzt, wie zu den Zeiten
r Römer, die Ernte in die Mitte des Mai und noch über-
nstimmender die Ernte in den September; in der Umgegend
s kaspischen und schwarzen Meeres sind noch jetzt, wie zu
erodot's Zeiten, kalte Winter nicht eben selten und das
ifrieren des Bosporus ereignet sich bei strenger Kälte in
n neuesten Zeiten, wie damals. Uebereinstimmend mit ihm
igt auch Arago[4], dafs das Klima von Palästina sich seit

1 Denkschriften der allgem. Schweiz. Gesell. f. d. ges. Naturw.
I. I. S. 1 ff.
2 Poggendorff Ann. XXI. 329.
3 Edinburgh Journ. of Science. N. XVI. p. 318.
4 Annuaire pour 1834.

Moses Zeiten nicht geändert habe, denn der Wein kommt nicht fort, wenn die mittlere Temperatur über 22° C. geht, und doch ist aus der Bibel genugsam zu entnehmen, dafs dort Weinbau in grofser Ausdehnung statt fand; Palmen aber mit reifen Früchten erfordern eine höhere Wärme und sind daher in Palästina selten, indem der Herzog von Ragusa deren nur ausnahmsweise einige fand. Noch jetzt, wie ehemals, fällt die Ernte dort in die Zeit von Mitte Aprils bis Ende Mai. Auch in Aegypten hat sich die Temperatur nicht geändert, obgleich in den Schriftstellern Angaben vorkommen, deren einige auf Vergröfserung, andere auf Verminderung der Wärme deuten. Dort war ehemals, wie noch jetzt, der Weinbau nicht bedeutend, weil dieser nicht über eine mittlere Temperatur von 21° bis höchstens 23° hinausgeht.

145) Die hier gegebene unzweifelhafte Entscheidung einer höchst wichtigen Frage der Physik ist zwar von grofser Bedeutung, so lange aber noch die unzweideutigsten Thatsachen vorhanden sind, dafs der Erdball früher Glühhitze hatte, die sich noch jetzt durch die mit der Tiefe zunehmende Wärme kund giebt, kann das Problem nicht als erledigt erscheinen, vielmehr bleibt immer noch zu untersuchen, ob der gegenwärtige Zustand, worin sich die Erdkruste befindet, der eines fortdauernden Gleichgewichts ist, oder ob eine stete Änderung, aber eine so langsame statt findet, dafs die oben aufgefundene Periode der historischen Zeit von etwa 2000 oder, wenn wir bis auf Moses zurückgehn, von sogar 3500 Jahren doch nur als eine kurze erscheinen mufs, von welcher sich kein genügendes Argument für ein stetes Gleichbleiben der mittleren Wärme hernehmen läfst. Abstrahiren wir von den Argumenten, die man aus dem Auffinden scheinbar tropischer Gewächse in den Braun- und Steinkohlen-Formationen zu entnehmen geneigt ist, und von den Thierresten wärmerer Klimate, die sich sogar im ewigen Eise des Polarmeeres wiederfinden, als einem bereits erwähnten, zahllos oft untersuchten und noch zu keiner bestimmten Entscheidung gebrachten Probleme, so giebt es noch aufserdem eine Menge von Aufgaben, die neuerdings namentlich G. Bischof[1] zum Gegenstande ge-

---

1 Die Wärmelehre des Innern unsers Erdkörpers u. s. w. Leipz. 1837. 8.

mterer Untersuchungen gemacht hat, deren Erörterung bei ei-
r gründlichen Betrachtung der Temperaturverhältnisse unse-
r Erde durchaus nicht übergangen werden kann, obgleich
im Ganzen nur dazu dient, die Gröfse der Schwierigkei-
n einer genügenden Erklärung besser zu würdigen, zugleich
er die Hoffnung einer allseitig befriedigenden Lösung des
äthsels stets weiter hinausgerückt zu sehn. Poisson[1] glaubt
n Weg bezeichnet zu haben, auf welchem man zu dem ge-
ünschten Ziele gelangen könnte. Nach seiner Ansicht wird
e Temperatur der Erdoberfläche bedingt 1) durch die Menge
r Wärme, welche die sie berührende und über sie hinströ-
ende Luft ihr entzieht; 2) durch die Quantität, die sie durch
rahlung verliert; 3) durch diejenige, die ihr durch Strahlung
n allen Seiten der Luft her zugeführt wird, und endlich 4) durch
ejenige, die durch die Sonnenstrahlen, sofern diese die Luft
ngen und von der Erde absorbirt werden, entsteht[2]. Man
ersieht bald, dafs die beiden ersten Ursachen negativ, die
iden letzten positiv wirken und durch ihre Vereinigung da-
r ein Zustand des Gleichgewichts entstehn kann. Allerdings
irde es vortheilhaft seyn, wie Poisson bemerkt, durch Auf-
dung der Constanten zu den von ihm angegebenen Formeln
den Stand gesetzt zu werden, die künftige Beschaffenheit
r Erdtemperatur schon in voraus mit einiger Gewifsheit oder
ndestens Wahrscheinlichkeit zu bestimmen, allein Poisson
t auf einen wichtigen Umstand nicht Rücksicht genommen,
mlich auf diejenige Wärme, die aus dem Innern des Erd-
rpers auf die Oberfläche emporkommt, wie bei zahlreichen,
ch gegenwärtig ohne Unterbrechung fortdauernden Processen
leugbar der Fall ist. Dieser Umstand erfordert allerdings
e nähere Betrachtung, und dieses um so mehr, als viele
atsachen auf eine allmälige, wenn auch sehr langsame Ab-
ilung deuten. So schliefst Deshayes[3] aus den Muscheln,
sich versteinert in der tertiären Formation finden, und den
enwärtig in der äquatorischen Zone lebenden gleichen, dafs

1 Journal de l'École polyt. Cah. XIX. p. 74 u. 328. Connaissance Tems. 1827. p. 303.

2 Nach Fourier sind die Sonnenstrahlen, die Wärme des Himraumes und die Glühhitze des Erdkerns die drei Quellen der Temtur der Erdkruste.

3 Edinburgh New Phil. Journ. N. XLI. p. 179.

zur Zeit der Entstehung dieser tertiären Ablagerung die Temperatur unter mittleren Breiten höher war als gegenwärtig, noch bestimmter aber folgern Brongniart und Elie de Beaumont[1] aus den Vegetabilien und Animalien in der Grobkalkformation der Umgegend von Paris, daſs zwar die gröſste Sommerwärme seit der Zeit, als diese Pflanzen und Thiere dort vegetirten, unter mittleren Breiten nicht verändert worden seyn könne, wohl aber die Winterkälte vermindert worden seyn müsse, weil diese Ueberreste eine mittlere Temperatur von etwa 22° C., wie zu Cairo herrscht, erfordern. Insbesondere hat Brongniart[2] durch Nachweisung der verschiedenen Gattungen vorweltlicher Pflanzenreste in den Kohlengebilden dargethan, daſs sie heiſsen Zonen angehörten, und es ist daher eine allerdings ansprechende Hypothese, wenn G. Bischof[3] eine Senkung der jetzigen nördlichen Küstengegenden und ein Ueberströmen eisiger Polargewässer in die entstandenen Niederungen annimmt, womit sich das Herüberführen der Granitblöcke verbinden läſst, und wodurch dann leicht die noch heiſse Erdkruste so weit abgekühlt werden konnte, daſs die bis dahin herrschende tropische Wärme für immer verschwand, die ihr zugehörigen Pflanzen und Thiere aber ein plötzliches Grab fanden. Übergehn wir die nicht wohl genügend zu beantwortenden Fragen, wie tief die Temperatur bereits vom ursprünglichen Flüssigkeitszustande herabgegangen seyn muſste, als das Leben der Pflanzen und Thiere anfangen konnte, und ob zu dieser Zeit die Temperatur der Erdkruste in ihrer ganzen Ausdehnung gleich war[4], so verdient doch das Resultat der Beobachtungen Graeser's[5] bei den Eschweiler Steinkohlenlagern nicht unbeachtet zu bleiben, wonach die in der Tiefe vorkommenden Pflanzenarten höher hinauf verschwinden und andern Platz machen, wodurch also die allerdings naturgemäſse allmälige Abkühlung der Erdkruste einen thatsächlichen Anhaltspunkt erhielte, welcher durch andere Gründe, namentlich daſs die Pflanzen- und Thierreste der tertiären Formation an Zahl und

---

1 Edinburgh New Phil. Journ. N. XLII. p. 206.

2 Poggendorff Ann. XV. 385.

3 Wärmelehre der Erde. S. 345.

4 Beide sind ausführlich untersucht worden durch G. Bischof a. a. O. S. 351 ff.

5 Bischof a. a. O. S. 356.

ieschiedenheit der Species nach oben wachsen und unter mitt-
ren Breiten nicht der tropischen, sondern der subtropischen
one angehören, noch mehr Festigkeit gewinnt.

146) Es ist bereits von den Resultaten über die Abkühlungs-
it der Erde geredet worden[1], zu denen FOURIER durch seinen
lgelehrten Calcül gelangte, wonach zwar eine stete Tempe-
turverminderung in Folge unausgesetzter Strahlung gegen den
immelsraum statt findet, aber eine so langsame, daſs ihre
kung während der historischen Zeit nicht wahrnehmbar
yn konnte. Nach ihm also, übereinstimmend mit POISSON,
die Temperatur der Erde jetzt in einem stationären Zu-
nde, sofern die äuſserste Kruste einen durch die Jahreszei-
bedingten Wechsel erleidet, die in der Tiefe herrschende
ere Wärme aber wegen schlechter Leitungsfähigkeit der
sen die Oberfläche nicht mehr erreicht, um von da durch
hlung in den Himmelsraum zu gelangen. Wollen wir uns
ch die eleganten Formeln nicht blenden lassen, sondern
es Verhalten mit physikalischen Gesetzen in Einklang brin-
, so müssen wir zugestehn, daſs die Erde dann Wärme
ihrer Oberfläche abgiebt, wenn die letztere wärmer ist,
die sie berührende Luft, im umgekehrten Falle aber auf-
mt. Genau genommen müſste hiernach in einer gewissen
fe eine Grenze existiren, bis wohin die jährlichen Oscil-
onen der äuſsersten Kruste sich nicht erstrecken, weil das
ingen der Winterkälte durch die Repulsion der Erdwärme
indert würde, die wiederkehrende Sommerwärme aber bloſs
im Winter statt gefundenen Verlust der oberen Schichten
ler zu compensiren vermöchte. Nach den im 2ten Ab-
itte angestellten Untersuchungen hätten wir unter niede-
Breiten diese Grenze nach BOUSSINGAULT in sehr gerin-
Tiefe, unter mittleren in etwa 65 bis 80 Fuſs und unter
ren noch tiefer zu suchen; allein die daselbst vorhandene
eratur müſste zugleich der mittleren der Orte gleich seyn,
ich in der Erfahrung nicht bestätigt findet, indem sie
ehr wohl allgemein höher gefunden wird. Auſserdem
e nach den Ansichten beider Gelehrten der Wärmever-
ur durch Strahlung gegen den Himmelsraum statt finden,
wirkliche Existenz und eigentliche Wesenheit noch

[1] S. Art. *Erde*, Temperatur. Bd. IV. S. 989.

vielen Zweifeln unterliegt, nicht zu gedenken, daſs die Be-
dingungen und die ganze Aetiologie dieser Strahlung noch
überall nicht festgesetzt sind und daher ein jeder nach Be-
lieben ihre Wirkungen gröſser oder geringer annehmen kann.
Endlich ist aber neuerdings ein oben bereits erwähntes be-
deutendes Argument gegen die aus dieser Theorie abgeleiteten
Resultate aus dem Umstande hergenommen, daſs an einigen
Orten eine gröſsere Kälte wirklich beobachtet wurde, als jene
Gelehrten dem Himmelsraume anweisen, indem sie dieselbe zu
etwa 50° C. annahmen.

147) Entfernen wir uns von diesen, keineswegs auf si-
cheren Grundlagen gestützten Hypothesen und würdigen wir
vielmehr die uns zu Gebote stehenden einfachen Erscheinun-
gen, so können einige Thatsachen auf keine Weise von uns
übersehn werden, aus denen ein Entweichen der höheren
Wärme aus gröſseren Tiefen auf die Oberfläche unleugbar her-
vorgeht. G. Bischof[1] hat die *Processe, wodurch unsrer
Erde Wärme entzogen wird,* aufgesucht und findet deren
fünf: 1) das Aufsteigen von Thermen; 2) das Abschmelzen
des Gletschereises durch die aus dem Erdboden ausströmende
Wärme; 3) die Erwärmung des Wassers in Seen und im
Meere, vermöge deren dasselbe über den Punct seiner gröſs-
ten Dichtigkeit hinausgeht oder überhaupt als specifisch leich-
ter aufsteigt und an der Oberfläche abgekühlt wird; 4) vul-
canische Exhalationen und 5) Gasentwickelungen, vorzüglich
Kohlensäure-Gasexhalationen. Will man es genau schätzen,
so muſs noch ein 6ter Proceſs hinzugesetzt werden, nämlich
die Abgabe von Wärme des Bodens an die Luft an allen den
Orten, wo die des ersteren gröſser ist, als die der letzteren,
beider mittlere Temperaturen angenommen. Daſs auch durch
diese zuletzt genannte Ursache ein Wärmeverlust unserer Erde
statt finden müsse, und ein nicht unbedeutender wegen der
groſsen Ausdehnung derjenigen Strecken, wo die Bodenwärme
noch zur Zeit gröſser ist, als die der Luft, unterliegt keinem
Zweifel[2], wie auch immer der Wechsel der Temperatur in
der äuſsersten Erdrinde seyn mag. Ebenso wenig läſst sich in
Abrede stellen, daſs die Wärmeabgabe da am stärksten sey

1 Wärmelehre. S. 368.
2 Vergl. Bischof Wärmelehre. S. 301 ff.

üsse, wo die Bodentemperatur die der Luft am meisten übersteigt, also vorzüglich auf derjenigen Strecke, die sich nach den §. 131 angeführten Beweisen durch ungewöhnlich hohe Boden-Temperatur auszeichnet. Es liegt aber in dieser Ungleichheit der mittleren Wärme unter gleichen Breiten ein neues Argument für die allmälige Temperatur-Verminderung der Erdkruste, da sich auf keine Art beweisen läfst, dafs die gegenwärtig noch wärmeren Strecken nicht auf die Temperatur anderer unter gleichen Breitengraden liegender herabsinken könnte.

148) G. Bischof hat die 5 von ihm aufgestellten Ursachen einer allmäligen Abkühlung unsers Erdballs einer ausführlichen Untersuchung unterworfen, jedoch wird es hier genügen, nur einige Hauptpuncte zu berühren, weil die Sache sich im Allgemeinen auf den ersten Blick klar und keinem Zweifel unterworfen ist, zu einer Berechnung der Gröfse dieser Wirkungen aber und also zur Auffindung der Zeit, nach welcher eine um eine gewisse Anzahl von Graden des Thermometers merkbare Verminderung der Temperatur eintreten müfste, die erforderlichen Bestimmungen fehlen. Handelt es sich zuerst um diejenige Wärme, welche die *heifsen Quellen* an die Oberfläche der Erde führen und die somit der Erde entzogen wird, vorausgesetzt, dafs die mittlere Temperatur der Luft dadurch nicht steigt, so müssen wir als *warme Quellen* alle diejenigen betrachten, deren Wasser fortdauernd wärmer ist, als die mittlere Wärme derjenigen Orte, wo sie entspringen, wenn der Unterschied auch nur einen oder einige Grade beträgt. Es ist aber bereits am geeigneten Orte[1] gezeigt worden, dafs es solcher Quellen in allen Regionen der Erde und in den verschiedensten Höhen eine sehr grofse Zahl giebt, dafs die Wärme einiger derselben sehr grofs ist, ja bei den entlegenen mit Vulcanen zusammenhängenden sogar die Siedehitze erreicht, und im Allgemeinen, wenn auch einzelne Ausnahmen statt zu finden scheinen oder erweislich statt finden mögen, seit der historischen Zeit unverändert geblieben ist. Dort ist zugleich angegeben worden, dafs nach triftigen Gründen die Wärme der Thermalquellen nicht wohl von einer andern Ur-

1 S. Art. *Quellen*, Temperatur derselben. Bd. VII. S. 1085 und

sache, als der noch bestehenden Hitze in gröſseren T[illegible] hauptsächlich in der Nähe noch brennender oder erlosch[illegible] Vulcane, abgeleitet werden kann. Seitdem hat G. Bisch[illegible] diesen Gegenstand noch weiter verfolgt, die Tempera[illegible] mehrerer Thermen näher bestimmt, den Einfluſs, welche[illegible] Kohlensäure auf ihre Wärme haben kann, durch [illegible] Versuche ausgemittelt und ist durch alles dieses in seiner Meinung bestärkt worden, wonach die Kohlensäure nur e[illegible] geringen Antheil an der höheren Temperatur der Therm[illegible] ben kann und sie diese daher fast ganz allein der inn[illegible] den Wärme tieferer Erdschichten verdanken, ohne [illegible] Ursache haben, zu chemischen Zersetzungen oder elektr[illegible] Einwirkungen unsere Zuflucht zu nehmen. [illegible] alles unter sich vollkommen zusammen; handelt es sich um die Hauptfrage, wie groſs die Menge der Wärme [illegible] hierdurch dem Innern der Erde entzogen und der [illegible] Atmosphäre zugeführt wird, so gelangt man bloſs zu der [illegible] zeugung, daſs sie bei der allgemeinen Verbreitung der [illegible] und der groſsen Hitze vieler unter ihnen zwar [illegible] groſs, im Verhältniſs zur Masse des ganzen Planeten [illegible] sehr gering sey, weil eine leichte Berechnung zeigt, d[illegible] nur kleiner Berg von bedeutender noch andauernder W[illegible] hinreiche, um so starke und heiſse Quellen, wie z. B. [illegible] Carlsbader, mehrere Tausende von Jahren ohne merkl[illegible] nahme zu erhitzen, wie oben[2] bereits angegeben w[illegible]

149) Ein zweites *Mittel*, wodurch der Erde W[illegible] zogen wird, ist das Wegschmelzen der Gletscher [illegible] teren Fläche durch die Wärme des Bodens, [illegible] Daſs die Gletscher wirklich eine Verminderung [illegible] Ursache erleiden, die zugleich das bekannte [illegible] selben bewirkt, ist bereits durch v. Hoffmann[3] [illegible] Bischof[4] folgert aus der Natur der Sache, [illegible] mit seinen eigenen Beobachtungen, daſs dieses Weg[illegible] nur da geschehen könne, wo vermöge der Höhe, [illegible] den Alpen der Schweiz bis etwa 6200 Fuſs [illegible]

1 Die Wärmelehre des Innern unsers Erdkörpers [illegible]
2 S. Art. *Quellen*. Bd. VII. S. 1122.
3 S. Art. *Eis*, *Gletscher*. Bd. IV. S. 155.
4 Wärmelehre. S. 101.

ärme des Bodens über 0° C. bleibt, indem weiter aufwärts
r in der wärmeren Jahreszeit ein Theil des Eises und
hnees von oben her durch den Einfluſs der Luft und der
ydrometeore schmilzt. Nach seiner Angabe liegt der gröſste
heil der Alpen-Gletscher unterhalb dieser Grenze, und wenn
ich diese Bedeckung die oberste Grenze des Bodens ab-
hlt und er somit die ihm nach der geographischen Breite
d Höhe über dem Meeresspiegel zukommende Wärme nicht
t, so giebt eben der Unterschied dieser beiden Gröſsen das
ſs der Wärme an, die aus dem Boden abgegeben wird und
Schmelzen des Eises dient, wenn gleich die wirkliche
mperatur, eben wegen der sofort zur Verwandlung des Eises
Wasser statt findenden Absorption, sich nicht merklich über
C. erhebt. Allerdings ist hierdurch ein Herabsinken der
rme der äuſsersten Erdoberfläche nothwendig bedingt, wie
s überhaupt Gletscher die Temperatur der nächsten Umge-
gen vermindern, allein in der Tiefe von einem oder etlichen
ſsen kommt nach wirklichen, durch Bischof angestellten Mes-
gen die normale Bodenwärme wieder zum Vorschein. Eine
timmung der Menge von Wärme, welche hierdurch der
e entzogen wird, selbst eine nur annähernde, muſs aber
unmöglich bleiben; denn obgleich es scheint, als könnte
diese aus der Quantität des Wassers, welche jährlich von
n Gletscher abflieſst, oder aus der Gröſse der geschmolze-
Eismasse bestimmen, so ist dieses doch unzulässig, nicht
wegen der Schwierigkeit, eine genaue Maſsbestimmung
über zu erhalten, sondern auch weil in der wärmeren Jah-
eit eine Menge Wasser aus dem Eise in gröſseren Höhen
von atmosphärischen Niederschlägen unter die Gletscher
gt und dann unten wieder abflieſst, nicht gerechnet, daſs
r den Gletschern auch Thermen vorhanden seyn können
unter einigen erweislich vorhanden sind. Wegen dieser
verschiedene Weise bedingten Ursachen flieſsen einige
cherbäche das ganze Jahr hindurch, in den kälteren Jah-
iten aber mit verminderter Wassermenge. Wird dann als
sen angenommen, daſs der Boden unausgesetzt Wärme
Schmelzen des Gletschereises abgiebt, so scheint hieraus
vendig zu folgen, daſs durch fortdauernde Abnahme der
ntemperatur die Masse der Gletscher stets zunehmen müsse.
kommen wir aber auf ein schwieriges Problem, indem

eine Menge Autoritäten für eine Vergröſserung derselben sich entscheiden, während andere, ebenso gewichtige das Gegentheil behaupten[1], deren Vergleichung und vorurtheilsfreie Prüfung zu dem Resultate führt, daſs bei statt findenden partiellen Vermehrungen und Verminderungen die Gesammtmasse der Gletscher im Ganzen unverändert bleibt. Auch hier finden wir daher, ungeachtet erwiesenen Wärmeverlustes der Erde, den Zustand des Gleichbleibens oder eine so langsame Veränderung, daſs sie während der historischen Zeit unmerkbar blieb.

150) Eine sehr schwierige Frage ist die, ob die Wasser der Seeen und des Weltmeers Wärme vom Boden erhalten und diese der Oberfläche zuführen, von wo sie dann zur Dampfbildung verwandt an die Luft abgegeben und so dem Erdboden entzogen würde, wie G. Bischof[2] als erwiesen annimmt. Untersuchen wir zuerst diese Aufgabe rücksichtlich der Seeen, so habe ich darüber bereits[3] geäuſsert, daſs allerdings der wärmere Boden an das ihn berührende Wasser Wärme abgeben müſste, wenn nicht diese Quelle bei der Tiefe der Seeen durch die Länge der Zeit bereits erschöpft wär. Bischof hat sich gegen die letztere Ansicht erklärt, und nimmt für diejenigen Orte, wo die Bodentemperatur höher ist, als diejenige, bei welcher das Wasser seine gröſste Dichtigkeit hat, eine stets fortdauernde Erwärmung der tiefsten Wasserschichten und ein daraus folgendes Aufsteigen derselben an, statt daſs an solchen Orten, wo die Bodenwärme geringer ist, die wärmeren oberen Schichten herabsinken und dem Boden Wärme zuführen, während an solchen Orten endlich, wo die Bodenwärme der des Wassers im Puncte der gröſsten Dichtigkeit völlig gleich ist, gar keine durch ungleiche Temperatur bedingte Strömung statt finden kann, welches auch da der Fall seyn muſs, wo die Temperatur der Luft sich in den verschiedenen Abschnitten des Jahres wenig ändert und die oberen Wasserschichten daher wegen ihrer groſsen Wärmecapacität nicht so weit erkalten, daſs dadurch ein Herabsinken derselben

---

1 Die ausführliche Literatur hierüber findet man in Bischof's Wärmelehre. S. 131.

2 Wärmelehre. S. 138 ff.

3 S. Art. See. Bd. VIII. S. 741.

m bewirkt würde, also unter der tropischen Zone. Hiernach
nn die Annahme einer steten Abkühlung sich also nur auf
een unter mittleren Breitengraden und in solchen Höhen be-
ehn, wo die mittlere Bodentemperatur höher ist als diejenige,
i welcher das Wasser den Punct der gröfsten Dichtigkeit
t. Zur Auffindung der Menge von Wärme, welche der
den solcher Seeen an das Wasser abgiebt, wodurch ein
steigen desselben nach statischen Gesetzen veranlafst und
m ein Uebergang der überschüssigen Wärme an die Luft
glich gemacht würde, bezieht sich Bischof auf die oben
8 erwähnten, durch de la Rive und Marcet beim Boh-
n eines artesischen Brunnens in der Nähe des Genfersees
haltenen Resultate. Dabei wurden in 680 Fufs Tiefe 13°,8
gefunden, und da die Tiefe des Sees 950 Fufs beträgt, so
iste die hier vorhandene Bodenwärme bei gleicher Zunahme
t wachsender Tiefe 16°,15 R. betragen. Da aber Saussure
e Temperatur des Wassers in dieser Tiefe = 4°,32 R. fand,
wire 16°,15 — 4°,32 = 11°,83 das Mafs der vom Boden
gegebenen Wärme, welches dann, sobald es sich von dem
lich der Oberfläche zugeführten Quantum handelt, durch
e Leitungsfähigkeit der den Boden bildenden Erd- und Fels-
er bedingt würde. Hieraus folgert Bischof, dafs noch
dauernd durch das Aufsteigen des erwärmten Wassers vom
den der Seeen auf gleiche Art ein Wärmeverlust der Erd-
ste statt finde, als durch das Abschmelzen der Gletscher an
er unteren Fläche, und weist dann nach, in welchem Ver-
nifs das auch von aufsen bald erwärmte, bald erkältete
asser in Folge seines hierdurch bedingten specifischen Ge-
ichtes abwechselnd aufsteigen oder niedersinken müsse.

151) Da einmal diese Frage in Anregung gebracht und
ner im Allgemeinen darüber aufgestellten Ansicht widerspro-
n worden ist, so erlaube ich mir eine nähere Prüfung des
atsächlichen, woraus hervorgehn wird, dafs entweder gar
n Verlust von Erdwärme auf diesem Wege oder nur ein
bst unbedeutender statt finden kann, indem wirklich durch
Länge der Zeit ein gewisser Zustand des Gleichbleibens
getreten seyn mufs. Wenn man als erwiesen annehmen
f, dafs die Temperatur des Wassers der Seeen mit der
fe abnimmt und dann eine Schicht von mehr als 100 F.
chtigkeit folgt, wo die Temperatur unverändert bleibt, ein

aus fast allen Messungen hervorgehendes Resultat[1], so ist damit jene Behauptung schon auf die einfachste Weise bewiesen, denn man müfste nothwendig bei zunehmender Tiefe wieder auf eine Schicht von wärmerem aufsteigenden Wasser kommen, wenn ein Aufsteigen des am Boden erwärmten und dadurch specifisch leichter gewordenen statt fände. Zu dem nämlichen Resultate führt eine nähere Analyse des thatsächlichen Verhaltens. Wir wollen uns vorstellen, die Oberfläche des Wassers sey bis 0° C. erkaltet, so kann die Temperatur gar nicht oder nur unmerklich geringer werden; denn durch weiteren Wärmeverlust findet Eisbildung statt und das Wasser erhält eine in mehrfacher Beziehung schützende Decke. Zuerst wird die Verdampfung und die damit verknüpfte Bindung von Wärme vermindert, da das Eis weniger als das Wasser verdampft, zugleich aber ist das Eis ein schlechter Wärmeleiter, und endlich kann nur an der unteren Fläche der schon vorhandenen Decke weiteres Eis gebildet werden, durch dessen Entstehung jedoch für eine gleiche Masse Wasser 75° C. Wärme frei wird, die zwar durch das Eis, aber nur langsam, entweicht und daher der Dicke des entstehenden Eises eine bestimmte Grenze setzt; denn selbst in den ganz unwirthbaren Gegenden von Boothia Felix unter 70° N. B. erreichte das Eis auf der See nur 10 Fufs und auf einem Teiche nur 11 Fufs Dicke[2]. Indem aber das Wasser ein so aufserordentlich schlechter Wärmeleiter ist, wenn keine Strömungen in demselben nach statischen Gesetzen statt finden, so wird sich die Wärme der unteren Schichten nur äufserst langsam den höheren mittheilen, und wir dürfen dreist annehmen, dafs die im Winter statt findende Abkühlung der Oberfläche nicht bis in eine Tiefe von 200 bis höchstens 300 Fufs merkbar wird, ja sie würde auf diese Weise ihre Wirkung nicht einmal bis zu 100 Fufs Tiefe merkbar machen, wenn wir dem Wasser kein stärkeres Leitungsvermögen als der Erde beilegen wollen, wozu wir gewifs nicht berechtigt sind, und bei der Erde erstreckt sich der jährliche Wechsel der Temperatur nach den oben im zweiten Abschnitte enthaltenen Untersuchungen nur

---

1 Die wichtigsten Messungen findet man Th. VIII. S. 741. und oben §. 27.

2 S. Art. Meer, Bd. VI. S. 1695.

öchstens bis zu einer Tiefe von etwa 85 Fuſs. Das kältere Vasser unter dem Eise ist aber leichter, als das unter ihm efindliche wärmere, so lange die Temperatur des letzteren icht über etwa 8° C. hinausgeht, erhält sich daher statisch ber demselben, und die Winterkälte wird also nicht tief einringen, diejenigen Wassertheilchen aber, die bei 3°,78 C. ire gröſste Dichtigkeit erlangen, müssen allerdings herabsinen, allein nicht bis zu einer bedeutenden Tiefe, weil sie von len während des Sommers erwärmten Schichten sehr bald über len Punct der gröſsten Dichtigkeit hinaus und mit den etwas tiefer befindlichen Wassertheilen ins Gleichgewicht kommen. Während des Schmelzens des Eises findet ein gleiches erhalten statt, unterdessen nimmt die Wärme der Luft zu, ie Sonnenstrahlen wirken auf das Wasser und beide Ursachen bringen die obeten Schichten bald über den Punct der röſsten Dichtigkeit hinaus, so daſs keine beträchtliche Quantität herabsinken kann, immer aber so viel, um die Temperatur der tieferen Lagen unter die mittlere der Orte, wo sie ich befinden, hinabzubringen. Ueberhaupt sinken zwar specisch schwerere Flüssigkeiten in leichteren bald hinab und ngekehrt, wie sich beim *Passevin* zeigt, allein dieser Proeſs wird ausnehmend erschwert, wenn die Ungleichheit der 'emperatur durch Schichten von groſser Mächtigkeit verbreit ist und die einander berührenden einen kaum oder gar icht meſsbaren Unterschied zeigen[1]. Wollen wir also die

1 Bischof hat zur Unterstützung seiner Meinung eine Reihe chätzbarer Versuche über das Wärmeleitungsvermögen des Wassers ngestellt, indem er dasselbe in 6 Fuſs langen Röhren durch Eis erältete oder durch eine Weingeistlampe erwärmte und die Zeit der trömung mittelst Thermometer, eines unteren, eines oberen und ines mittleren, bestimmte. S. Wärmelehre S. 431 ff. Allein die anewandten Mittel der Erwärmung und Erkältung wirkten beide sehr iergisch auf die unmittelbar getroffenen Wassertheilchen und die ngleichheit der Temperatur schwankte zwischen den Extremen bei nwendung des Eises von 10°,12 und 16°,5 C., dann von 12°,32 und 7°,25 und von 7°,25 und 12°,8 C., bei Anwendung der Weingeistmpe aber von 14°,05 und 18°,35, von 10°,75 und 26°,25 C., lauter öhere Temperaturen, bei denen die Dichtigkeit des Wassers sich chon stärker ändert; die mittlere Temperatur des Wassers der Seeen t aber ungefähr = 5° C. und liegt also fast in der Mitte zwischen ° und 8° C., wobei die Dichtigkeit des Wassers gleich und zwischen enen die Aenderung der Dichtigkeit am geringsten ist.

Thatsache, dafs die Temperatur der tiefen Seen bis zu einer gewissen Tiefe abnimmt, dann aber ein gewisses Minimum erreicht und von da an bis zu noch gröfseren, mehrere Hundert Fufs betragenden Tiefen nicht wieder wärmer wird, mit anerkannten Naturgesetzen in Einklang bringen, so müssen wir annehmen, dafs die Temperatur der untersten Schichten eben durch das Herabsinken des dichteren Wassers und das Aufsteigen des leichteren mit der Zeit in einen gewissen stabilen Zustand gebracht worden ist, nach welchem diese unter niederen Breiten der Bodentemperatur gleich oder nur wenig niedriger ist[1], mit zunehmender Polhöhe unter diese herabgeht, bis sie ihr bei 3°,78 oder etwa zwischen 3°,5 bis 4°,5 gleich ist, noch weiter nach Norden hin sie aber übertrifft, wonach dann zugleich die jährlichen Variationen sich nicht tiefer als bis auf etwa 100 bis 200 Fufs Tiefe erstrecken. Diese Ansicht läfst sich dadurch rechtfertigen, dafs ein feuchter Erdboden die Wärme vorzugsweise gut leitet; der Boden der Seen mufste also gleich nach ihrem Entstehen dem herabsinkenden kalten Wasser seine Wärme mittheilen, und da dieses die erhaltene sofort mit sich in die Höhe nahm, andere kalte Massen aber an seine Stelle traten, dieser schnelle Wechsel ferner ohne Unterbrechung statt fand und obendrein dem Boden nie neue Wärme durch Sonnenstrahlen, wärmere Luft und Hydrometeore zugeführt wurde, so mufste er, wenn auch erst nach Tausend Jahren, in einen solchen mittleren Zustand kommen, dafs jetzt keine Wärme aus Tiefen dieses Bodens, wohin die jährlichen, ja man darf sagen die seculären Variationen reichen, den auf ihm ruhenden Schichten mehr mitgetheilt wird.

Wenden wir uns jetzt zur Beantwortung der Frage, ob die Erde noch gegenwärtig fortwährend einen Verlust ihrer

---

1 V. Humboldt Reisen Th. III. S. 131. fand die Temperatur des Wassers des Valencia-Sees in den Thälern von Aragua an der Oberfläche 0°,6 bis 1°,5 niedriger, als die der Luft, und hält dieses für eine Folge der Verdunstung; es kann aber auch daher rühren, dafs das durch irgend eine Ursache erkaltete Wasser sofort herabsinkt und dafs somit die ganze Masse durch diese oft wiederkehrende Wirkung etwas unter die Mitteltemperatur des Ortes herabgeht, wobei noch aufserdem das in die meisten Seeen sich ergiefsende kältere Wasser benachbarter Bergspitzen nicht ohne Einflufs bleiben kann.

rsprünglichen Wärme durch Abgabe eines Theils an das den
boden berührende Meerwasser erleidet, so fühlt man augen-
blicklich die noch ungleich gröfsere Schwierigkeit, hierüber
ur mit einiger Wahrscheinlichkeit zu entscheiden. Fassen
wir die Thatsachen zusammen, die über die Temperatur des
Meeres und die vielen Strömungen in demselben am gehöri-
en Orte[1] beigebracht worden sind, so zeugt auf der einen Seite
ie mit der Tiefe abnehmende Temperatur und v. Hoaner's,
wenn auch nicht allgemein richtige, doch für einzelne Orte
nicht ganz unbegründete Annahme, dafs die Meere in einer
gewissen Tiefe eine weiter herab nicht mehr abnehmende,
aber auch nicht mehr wachsende Temperatur haben sollen,
wegen ein fortdauerndes Aufsteigen des durch den Boden er-
wärmten Wassers; von der andern Seite aber lassen die uner-
mefslichen Strömungen, wodurch unablässig enorme Massen
kalten Wassers in warme Regionen und umgekehrt des war-
men in die beeisten Polargegenden geführt werden, keiner
Hoffnung Raum, dieses Problem jemals genügend zu lösen.
Im Allgemeinen möchte ich annehmen, dafs durch die Wir-
kung dieser mächtigen Ursachen der Meeresboden, so wie der
Grund der Seeen, bereits in einen solchen Zustand des Gleich-
gewichts gekommen sey, dafs er keine Wärme mehr abgiebt.
Dabei darf aber die oben §. 131 angegebene Thatsache, dafs
an einzelnen Stellen eine regelwidrige Wärme des Meeresbo-
dens statt findet, wodurch namentlich das Wasser des Golph-
stromes seine übergrofse Temperatur mindestens zum Theil er-
hält und auch selbst bei Spitzbergen das Wasser eine unter gleichen
Breiten sonst nicht vorkommende Wärme zeigt, nicht übersehn
werden. Hierdurch wird allerdings ein Wärmeverlust der
Erde erzeugt, allein dieser Procefs, welcher im Ganzen und
bei weitem in den meisten Fällen mit vulcanischen Thätigkei-
ten zusammenhängt, gehört zu einer andern, sogleich zu un-
tersuchenden Classe von Erscheinungen.

152) Niemand hat wohl in Abrede gestellt, dafs bei den
vulcanischen Ausbrüchen, dem Aufsteigen unermefslicher Rauch-
und Feuersäulen und dem Ausfliefsen mächtiger Lavaströme
eine grofse Menge Wärme aus dem Innern der Erde zur Ober-
fläche gelange; ob aber hiermit eine eigentliche Abgabe von

---

1 S. Art. *Meer*. Bd. VI. S. 1656 ff. 1756 ff.

Wärme, ein wirklicher Verlust derselben von Seiten der festen Theile unsers Planeten verbunden sey, ist damit nicht nothwendig zugestanden. Müfste man annehmen, dafs die vulcanischen Verbrennungsprocesse auf chemischen Actionen beruhten und die zum Vorschein kommende Wärme nur aus dem latenten Zustande entbundene sey, so könnte nicht unmittelbar ein wirklicher Verlust dieses unwägbaren Agens gefolgert werden, vielmehr würde die Entscheidung hierüber zuvor der Lösung des schwierigen Problems über das eigentliche Wesen der freien und latenten Wärme anheimfallen und könnte dann auf jeden Fall hier nicht genügend erörtert werden. Wenn aber mit der überwiegenden Mehrzahl der Physiker angenommen wird, dafs die noch thätigen Vulcane als Schlünde zu betrachten sind, die bis zur noch glühenden Masse unserer Erde sich erstrecken, oder dafs vielmehr bis zu ihren Mündungen die noch fortdauernden Glühungsprocesse unserer Erde hinaufreichen, so ist keinen Augenblick in Abrede zu stellen, dafs hierdurch ein unermefslich grofser Wärmeverlust der tieferen Schichten unseres Planeten gegeben sey. Wie überwiegend bedeutend aber dieses Mittel einer allmäligen Abnahme der Temperatur unserer Erde seyn mag, so ist doch eine ausführliche Erörterung desselben weder nothwendig, noch auch nur einmal nützlich, denn die Thatsache selbst unterliegt keinem Zweifel, eine Bestimmung des Quantitativen der hierdurch frei werdenden Wärme setzt aber eine genauere Untersuchung der Menge noch brennender Vulcane und der Gröfse ihrer Thätigkeiten voraus, die einem eigenen Artikel vorbehalten bleibt[1], woraus sich dann ergeben wird, dafs auf diesem Wege selbst keine nur annähernd genauen Gröfsen zu erhalten sind. Hier darf jedoch die Bemerkung nicht übergangen werden, dafs nach einer überwiegenden Menge vorhandener Thatsachen die vulcanischen Thätigkeiten ehemals weit ausgebreiteter und grofsartiger gewesen seyn müssen, als gegenwärtig, dafs also nach Wahrscheinlichkeitsgründen eben hierdurch die äufsere Kruste unserer Erde umgewandelt worden sey, und dafs diese neben dem hierdurch erzeugten Verluste ihrer ursprünglichen hohen Temperatur ihre jetzige veränderte Gestalt und die mittlere Wärme an den verschiedenen

---

1 S. *Vulcane.*

Orten erhalten habe. Nicht ohne Grund könnte dann hieraus gefolgert werden, dafs durch dieses grofse, an Intensität stets abnehmende Mittel eine so lange fortdauernde allmälige Veränderung der Erdwärme nothwendig bedingt sey, als noch vulcanische Actionen vorhanden sind, wenn auch eine so langsame, dafs deren Wirkungen erst aus genauen Messungen nach Jahrhunderten oder eigentlicher Jahrtausenden merkbar werden könten.

153) Als letztes Mittel, wodurch unserer Erde Wärme entzogen wird, sind die zahlreichen und beträchtlichen Gas-Exhalationen genannt worden. Die aufsteigenden Gase sind meistens Kohlensäure, die in der Nähe noch thätiger oder erloschener Vulcane theils mit Wasser, an welches diese Säure gebunden ist, theils frei, häufig rein, zuweilen mit salzsaurem Gas und Schwefelwasserstoffgas gemengt, in wahrhaft ungeheurer Menge in allen Gegenden der Erde emporkommt. Wenn man das gleichfalls in beträchtlicher Menge, namentlich in manchen Quellen, aufsteigende Stickgas von atmosphärischer Luft ableitet, welcher durch chemische Processe in der Tiefe ihr Sauerstoffgas entzogen worden seyn müfste, so fragt sich hauptsächlich, welchen Ursprung die unermefsliche Menge von Kohlensäure hat, deren Entstehen aus begreiflichen Gründen die Aufmerksamkeit der Naturforscher stets vorzugsweise erregte. Am natürlichsten ist es wohl, sie aus Kalkgebilden abzuleiten, aus denen sie durch chemische Mittel oder durch Hitze ausgeschieden werden müfste. Bischof[1], welcher diese Aufgabe ausführlich untersucht und die bekannten Thatsachen durch eigene Beobachtungen und selbst auch Versuche vermehrt hat, entscheidet hierüber nicht mit absoluter Bestimmtheit, neigt sich aber überwiegend zu der Meinung hin, dafs die noch dauernde Hitze im Innern der Erde sie da frei mache, wo ein vorhandener Ausweg ihre Entweichung durch Aufhebung des sie zurückhaltenden Druckes gestatte. Wichtig sind in dieser Beziehung seine Versuche, aus denen hervorgeht, dafs die durch Glühhitze aus Kalksteinen entbundene Kohlensäure keine bedeutende Wärme zeigt, indem die zum Austreiben derselben angewandte Hitze zur Erzeugung ihrer Gasform dient. Wenn man das Vorkommen der Gasexhalationen bei weitem in den

1 Wärmelehre u. s. w. S. 317 ff.

meisten Fällen an solchen Orten, die sichtbare Spuren noch thätiger oder erloschener Vulcane zeigen, auf jeden Fall die auch durch sonstige Gründe unterstützte Hypothese sehr wahrscheinlich macht, wonach die Kohlensäure durch die noch fortdauernde Glühhitze im Innern der Erde entbunden wird, woraus die ungeheure Menge derselben allein erklärlich seyn dürfte, so läſst sich zugleich nicht verkennen, daſs durch diesen Proceſs auf jeden Fall der Erde eine unermeſsliche Menge von Wärme entzogen wird, welche, wenn auch nicht verschwunden, doch als gebunden in der Kohlensäure vorhanden ist[1].

154) Die Ursachen, welche eine Veränderung der bestehenden mittleren Temperatur der verschiedenen Orte bedingen, erscheinen nach den bisherigen Betrachtungen sehr wirksam, wenn gleich kein absolutes Maſs ihrer Gröſse aufzufinden ist;

---

1 Brongniart in Poggend. Ann. XV. 470. aus Ann. des Sc. nat. T. XV. p. 225. glaubt, die groſsen Lagen von Steinkohlen und Braunkohlen seyen aus der früher in ungleich gröſserer Menge vorhanden gewesenen Kohlensäure entstanden, die sich erst habe ablagern müssen, um die Atmosphäre für warmblütige Thiere athembar zu machen, Bischof aber, welcher die gegenwärtige Bildung der als Mofetten aufsteigenden Kohlensäure von der Bildung vulcanischer Massen auf Kosten des kohlensauren Kalkes ableitet, schlieſst hieran die Hypothese, daſs früher bei viel gröſserer Ausbreitung vulcanischer Thätigkeiten eine ungleich gröſsere Menge entbundener Kohlensäure aufgestiegen seyn müsse, deren Kohlenstoff zur Bildung der unermeſslichen Lagerungen von Kohlen aus der Vorwelt das Material hergegeben habe. In Beziehung hierauf müſsten wir jedoch annehmen, daſs die ursprünglich zur Erde gehörigen Kalktheile, ungeachtet der Glühhitze der Gesammtmasse und ihres feurig flüssigen Zustandes, selbst bis zur Oberfläche hin kohlensauer gewesen wären. Wollte man statt dessen die Existenz einer ursprünglich vorhandenen überwiegenden Menge von Kohlenstoff annehmen, so lieſse sich, wegen Ungewiſsheit des Ganzen, auch diese Hypothese nicht wohl widerlegen. Eine interessantere Betrachtung dürfte die seyn, daſs ungeachtet der auſserordentlichen Menge von stets aus der Erde aufsteigender Kohlensäure und der groſsen Quantität, die noch täglich durch Verbrennung der Pflanzenreste vorweltlicher Zeiten erzeugt wird, das constante Verhältniſs der Kohlensäure und des Sauerstoffgases keine Aenderung erleidet. Die Natur im Groſsen hat, wie man hieraus sieht, noch unbekannte Mittel, den bestehenden Zustand des Gleichgewichts dauernd zu erhalten, und es dürfte ein Gleiches auch in Beziehung auf die Unveränderlichkeit der Temperatur statt finden.

sie aber in Beziehung auf die Gröfse unserer Erde noch
so bedeutend zu halten sind, dafs sie in mefsbarer Zeit
merkliche Veränderung hervorzubringen vermöchten, dar-
r hat Bischof[1] gleichfalls eine Reihe schätzbarer Unter-
chungen angestellt, die hier noch erwähnt werden müssen.
der Basalt zu den Hauptbestandtheilen gehört, welche durch
kanische Kräfte emporgehoben worden sind, hauptsächlich
n man die nahe Uebereinstimmung desselben mit den La-
berücksichtigt, die Hypothese also sehr nahe liegt, dafs
ganze Erdkern der Hauptsache nach aus basaltartiger Masse
tehe, so war es wohl am meisten sachgemäfs, die Abküh-
gsgesetze bei grofsen geschmolzenen Basaltkugeln zu unter-
hen, um von diesen auf die Abkühlung unserer Erde zu
liefsen. Die für diesen Zweck angestellten Versuche sind
so schätzbarer, als sie grofse Hülfsmittel erfordern, die
wenigen Physikern zu Gebote stehn, und das Publicum
ß daher beiden, sowohl G. Bischof, als auch seinem
nde Althaus, Dank wissen, dafs sie die schwierigen
perimente auf der Saynerhütte glücklich zu Stande brachten
Basaltkugeln von 21 und 27 rheinl. Zoll Durchmesser mit
gesenkten Löchern gossen oder Vertiefungen bohrten und
n mit hineingebrachten Thermometern die Zeiten der Er-
tung bestimmten. Uebergehn wir verschiedene beiläufig ge-
dene Resultate, z. B. die Bestimmung des Schmelzpunctes
Basalte, welche über die des Kupfers, also über 1400°
hinausgeht, und einige andere, die hauptsächlich für Geo-
n Interesse haben, so beruht die Lösung des eigentlichen
blems darauf, dafs man sich erlaubt, von der Zeit, welche
solche Kugel bedarf, um von der Glühhitze zu einer mitt-
n Temperatur, nicht viel höher als die der Umgebung, her-
kommen, auf diejenige Zeit zu schliefsen, während wel-
die ungleich gröfsere Erde von ihrem ehemaligen Schmelz-
cte zu ihrem jetzigen Zustande gelangt ist und in der Zu-
ft gänzlich erkalten würde. Aus den Versuchen folgte,
die Erkaltungszeiten bei der Basaltkugel eine geometri-
Reihe bilden. Bischof argumentirt dann, dafs, wenn
La Place die Rotation der Erde seit Hipparch, also
1977 Jahren, sich noch nicht um 0,01 Secunde geändert

---

1 Wärmelehre u. s. w. S. 448 ff.

habe, ihre mittlere Temperatur von ihrer damaligen jetzt um nicht 0°,4 verschieden seyn könne. Wird dann mit Fourier eine Temperatur-Verminderung von 0°,024 R. und die Wärme des Himmelsraumes zu — 45°,6, die mittlere Temperatur unter dem Aequator aber = 22° R. angenommen, so war der Temperatur-Ueberschuſs der Erde unter dem Aequator über den des Himmelsraumes zu Hipparch's Zeiten = 67°,624 und ist jetzt noch = 67°,6 R., der Exponent des Verhältnisses der Erkaltung der Erde während 1977 Jahren ist also

$$= \frac{67,624}{67,6} = 1,000355.$$

Nehmen wir diesen Zeitraum als Einheit an und suchen daraus, wie lange es dauern müsse, bis die Erde um 1° R. erkalten könne, so ergiebt sich aus

$$\frac{67,624}{66,624} = 1,015 = 1,000355^x$$

x = 41,9, also 41,9 × 1977 = 82836 Jahre für eine Wärme-Abnahme von 1° R. unter dem Aequator. Die Zeitdauer, in der die Erde unter dem Aequator nur noch 0°,01 Ueberschuſs über die Wärme des Himmelsraumes haben oder eigentlich gänzlich erkaltet seyn würde, betrüge auf gleiche Weise berechnet

$$\frac{67,624}{0,01} = 6762,1 = 1,000355^x,$$

also von Hipparch's Zeiten an 24838,5 × 1977 = 49[illegible] Jahre. Interessanter als dieses Resultat ist es wohl, zu berechnen, wie lange Zeit verflossen seyn müsse, bis die Temperatur unter mittleren Breiten von der ehemaligen äquatorischen = 22° R. bis zur jetzigen = 8° R. angenommen herabsinken konnte, wenn man voraussetzen wollte, daſs zur Zeit der Entstehung der ältesten Steinkohlenlager in den gemäſsigten Zonen äquatorische Wärme geherrscht habe. Man erhält dann aus

$$\frac{67,6}{53,6} = 1,2611 = 1,000355^x$$

einen Zeitraum von 653,4 × 1977 = 1291772 Jahren[1].

1 Bischof findet vermittelst einer andern Art der Berechnung, deren Mittheilung hier zu viel Raum erfordern würde, die Zeit der

155) Bischof verkennt ebenso wenig, wie gewiſs jeder
lere, die Unsicherheit aller bei diesen Berechnungen zum
nde liegenden Gröſsenbestimmungen, und nennt in dieser
iehung namentlich die angenommene Temperatur des Welt-
nes, die nach neueren Messungen einer noch gröſseren
e im hohen Norden ohnehin sehr problematisch geworden
und die an sich ganz hypothetische Bestimmung der seit
parch's Zeiten bis jetzt wirklich statt gefundenen Abküh-
; unserer Erde. Es kommen jedoch noch sehr viele an-
reitige Bedingungen in Betrachtung, die es ganz unmög-
machen, solche Versuche anzustellen, deren Resultate
unmittelbar auf die Abkühlung unserer Erde anwenden
n. Die Basaltkugel lag zwar nur auf drei Stützpuncten,
i diese waren mit der Erde in Verbindung, und auſser-
war sie von unablässig strömender Luft umgeben; aus
gefundenen Gesetzen ihrer Abkühlung läſst sich daher
t auf die Erkaltung groſser Basaltberge und Lagen von
eine Anwendung machen, wie durch Bischof geschehn
nicht aber auf die allmälige Erstarrung unserer Erde, die
anzen genommen im leeren Raume schwebt, wobei also
ch ist, ob das von Gay-Lussac aufgefundene Gesetz,
in diesem sich überhaupt keine Wärme befindet, mithin
keine in denselben übergehn kann, auf diesen Fall An-
ung leidet. Die Bestimmung hierüber hat dann weiter
uſs auf die Zulässigkeit der sogenannten Strahlung, und es
sich ferner, ob die durch die Sonnenstrahlen erregte und
us dem Innern der Erde durch die angegebenen Mittel
Vorschein kommende Wärme als eine wirkliche Vermeh-
der vorhandenen Menge derselben oder als ein bloſser
sel zwischen Bindung und Freiwerdung von Wärme zu
hten sey. Im nächsten Zusammenhange hiermit ist dann
die Frage, ob die bei der Reduction und Abkühlung
uſseren Erdkruste entwichene Wärme wirklich verloren
nur in einen gebundenen Zustand versetzt worden sey, wie
andern in einem groſsen Maſsstabe der Fall seyn muſste,
die groſse Quantität des Wassers auf unserer Erde durch

---

ung unserer Erde von 230°,4 R. bis zu 0°,01 über die Tempe-
les Weltraumes = 353 Millionen Jahre. Die Abweichung bei-
sultate von einander ist eine Folge der unsichern Gröſsen, die
r Berechnung zum Grunde liegen.

Vereinigung seiner beiden Bestandtheile gebildet worden wäre, da die spec. Wärmecapacität des Wassers so grofs ist, dafs beide Bestandtheile, bei der Siedehitze zu Wasser vereinigt, einen Wärmeverlust von ungefähr 40° C. erleiden. Wenn man überhaupt den stationären Zustand der Wärme unserer Erde in der historischen Zeit streng ins Auge fafst und so manche andere Erscheinungen damit verbindet, die allgemein bekannt und zahllos oft beobachtet, aber ihrer scheinbaren Einfachheit ungeachtet noch bei weitem nicht genügend erklärt worden sind, wohin ich vor allen andern diejenigen rechne, die man auf die Wärmestrahlung gegen den leeren Himmelsraum zurückzubringen pflegt, wonach bald die Erdoberfläche ein stärkeres Strahlungsvermögen haben mufs, um die Thaubildung zu erklären, bald den höheren Schichten der Atmosphäre ein solches zugeschrieben wird, denen alle Tage unausgesetzt unter niederen Breiten und im Sommer unter mittleren und hohen eine unermefsliche Quantität erhitzter Luft zuströmt, ohne daß diese die grimmige Kälte daselbst aufzuheben vermag, ganz den gewöhnlichen Erfahrungen zuwider, wonach in eingeschlossenen Räumen von willkürlicher Höhe die obersten Schichten gerade die wärmsten sind, wohin ferner gerechnet werden mufs, dafs unermefsliche Meeresströme seit Jahrtausenden die stark erwärmten äquatorischen Fluthen mit denen der Polarzonen mischen, ohne dafs es ihnen gelungen ist, das Eis der letzteren zu schmelzen, so wie Millionen Kubikmeilen Luft aus niederen Breiten stets nach den Polen hinströmen und dennoch tief erkaltete von dort den Ländern der gemäfsigten Zone erstarrende Kälte zuführen, ja dafs die Erdoberfläche schnell erkaltet, sobald nur eine Wolke oder irgend ein beschattender Gegenstand die unmittelbar auf sie fallenden Sonnenstrahlen auffängt, wie denn auf gleiche Weise im Winter die erzeugte Wärme so bald entflieht, um erst im Sommer wiederzukehren; wenn wir alle diese und damit verwandte Räthsel zu lösen versuchen, so bietet sich eine zwar kühne, doch nach gewissen Modificationen dennoch vielleicht nicht verwerfliche Hypothese dar, deren Elemente sich kurz darstellen lassen. Hiernach müfsten wir annehmen, dafs die Wärme der Erde an diese Kugel gebunden sey, wie sie an jeden sonstigen Körper gebunden zurückgehalten wird, die Erde aber nicht verlassen könne, weil sie in den

[illegible]m überzugehn überhaupt nicht vermag, in Folge dessen also [d]ie Grenze der Atmosphäre dahin fallen müfste, wo die [G]renze der Wärmesphäre ist, weil über diese hinaus keine [E]xpansion mehr statt findet. Wir hätten demnach ein Sphä[ro]id des Wärmestoffes, wie der Luft und der Erde selbst, ein [S]phäroid von gröfster Dichtigkeit in einer gewissen Tiefe un[te]r der Oberfläche der Erde[1] und von stark abnehmender, so[ba]ld wir uns über die letztere erheben, wobei die Ungleich[he]it der Temperaturen unter verschiedenen Polhöhen durch den [wechs]elnden Einflufs der Lichtstrahlen (neben andern unbedeuten[de]n Ursachen) bedingt würde und verschiedene Oscillationen [du]rch den Conflict der Wärme anziehenden Kraft der Erde [un]d der ihr entgegenwirkenden Erregung durch die Sonnen[stra]hlen statt fänden, ohne jedoch das Gleichgewicht des Gan[ze]n zu stören. Eigentlich sind dieses alles nur Thatsachen; [di]e Schwierigkeit liegt aber darin, ihre Nothwendigkeit als [Fol]ge der Gesetze über das Verhalten des Wärmestoffes ge[nüg]end nachzuweisen, was künftigen Zeiten vorbehalten bleibt.

M.

Temperatur der Erde.

Von der Temperatur der Oberfläche sowohl als auch des [Inn]ern der Erde ist zwar schon oben[2] das Vorzüglichste gesagt [wor]den, doch wurde die umständliche Erörterung dieses wichti[gen] Gegenstandes dem Artikel *Temperatur* und *Klima* vor[beh]alten. Indem wir dieser Zusage hier nachzukommen su[chen], wollen wir zuerst die Theorie des vorzüglichsten Schrift[stell]ers, der sich in den neueren Zeiten mit der Lösung die[ses] Problems beschäftigt hat, in einer gedrängten Uebersicht [darzus]tellen, so weit dieses ohne unmittelbare Anführung der [seine]n analytischen Ausdrücke geschehen kann, welche er sei[nen] Untersuchungen zu Grunde gelegt hat. Ein Theil dieser [The]orie ist bereits erwähnt und selbst mit einer kritischen Be-

1 Nach dem specifischen Gewichte der Erde zu schliefsen, kann [die] Wärme ihr Maximum nicht wohl im Mittelpuncte der Erde haben. [V]gl. §. 5.

2 S. Art. Erde. Bd. III. S. 970.

leuchtung begleitet worden, die aber hier vorerst außer unsern Gesichtskreis fällt, da es uns nur um eine gedrängte Darstellung der Ansichten dieses Schriftstellers zu thun ist, die rein und klar zu kennen jedem Physiker und Geologen von Interesse seyn muſs.

A. Fourier's Theorie.

Die vorzüglichsten Resultate seiner mit seltener Gewandheit und groſsem Scharfsinn angestellten Untersuchungen über die Bewegung der Wärme in soliden Körpern hatte Fourier schon im J. 1811 dem Institut von Paris mitgetheilt. Seit dieser Zeit machte er beinahe in jedem Jahre die Ergebnisse seiner weiteren Prüfung dieses Gegenstandes sowohl in den Memoiren dieses Instituts, als auch in Zeitschriften[1] bekannt. Endlich sammelte er diese Untersuchungen zu einem Ganzen in seinem berühmten Werke *Théorie analytique de la chaleur*, das auch durch die vielen und wesentlichen Bereicherungen merkwürdig ist, die der Verfasser desselben im Felde der höheren mathematischen Analyse gemacht hat. Die wichtigen Probleme der Physik sowohl als auch der Mathematik, die hier aufgelöst erscheinen, haben Laplace, Cauchy, Poisson u. A. veranlaſst, sich mit demselben Gegenstande zu beschäftigen, und der Letzte besonders ist als eigentlicher Gegner der von Fourier aufgestellten Theorie aufgetreten. Die gelehrten Discussionen Poisson's und Fourier's dauerten mehrere Jahre und wurden zuweilen nicht wenig lebhaft.

Fourier kommt bei diesen seinen Untersuchungen über die Bewegung der Wärme in festen Körpern bekanntlich auf zwei verschiedene Gattungen von Gleichungen. Die einen sind sogenannte zweite Differentialgleichungen und beziehen sich bloſs auf das Innere der Körper, während die anderen nur Differentialien der ersten Ordnung enthalten und sich auf die Oberfläche dieser Körper beziehn. Die ihm eigene Methode diese beiden Gattungen von Gleichungen zu integriren, besteht in der Darstellung der Functionen durch unendliche Reihen, deren Glieder die Sinus und Cosinus der veränderlichen Stam[...]

1 In den Annales de Phys. et de Chimie. T. XIII bis XXVII.

össe enthalten. Die Coefficienten dieser trigonometrischen
lieder sind gegebene Zahlen, wenn der Werth der erwähn-
n Reihe für alle Fälle constant bleiben soll, und sie sind im
egentheil bestimmte Integrale, wenn diese Reihe, die schon
rer Form wegen immer convergent ist, eine willkürliche
unction darstellen soll. Da aber ein solches bestimmtes In-
gral im Allgemeinen nicht voraussetzt, dafs die Function un-
r dem Integrationszeichen continuirlich ist, so sieht man,
ls durch solche Reihen von Sinus und Cosinus selbst ganz
iscontinuirliche Functionen ausgedrückt werden können. Ue-
gens ist, sofern diese Gleichungen auf die Bewegung der
ärme angewendet werden, jedes Glied dieser Reihen mit
er Exponentialgröfse afficirt, die mit der Zeit sehr schnell
immt, so dafs man in der Anwendung immer schon mit
n ersten Gliedern dieser Reihen ausreichen kann. Dieses
so sinnreiche als fruchtbare Mittel wendet Fourier auf
Bewegung der Wärme in verschiedenen Körpern an, auf
Rechteck von dünnem Metall, auf eine prismatische Stange,
einen kreisförmigen Ring, auf eine solide Kugel, auf ei-
Cylinder, dessen eines Ende immer in derselben Tem-
tur erhalten wird, und endlich auch auf solche Körper,
n eine Dimension unendlich grofs ist. Das letzte Bei-
l besonders giebt dem Verfasser Gelegenheit zu seiner
nen Entwickelung der Reihen in bestimmte Integrale und
e Entwickelung ist es, die ihn auf die merkwürdigen Re-
te geführt hat, die er in dem genannten Werke über
Gang der Temperatur im Innern der Erde aufgestellt hat.
Nach seiner Theorie schickt ein erwärmter materieller
t immerwährend und nach allen Richtungen seine Wärme
Ist der Punct im leeren Raume, so sendet er diese
ne ganz frei und ungehindert aus und die Intensität die-
Wärme ist, in jedem Puncte ihres Weges, dem Quadrate
bereits zurückgelegten Wegs verkehrt proportionirt. Wenn
dieser erwärmte Punct ein innerer Punct eines festen
ers ist, so schickt er zwar auch seine Wärme nach allen
ungen aus, aber seine Wärmestrahlen erlöschen bald und
schon in sehr kleinen Distanzen von diesem Puncte.
Distanzen hängen von der Natur der Materie ab, aus
er der Körper besteht, von der Temperatur u. dgl.
n endlich der erwärmte Punct auf der Oberfläche eines

festen Körpers ist, so verliert er diese Eigenschaft der Wärmeausstrahlung entweder ganz oder doch zum Theil und nimmt dafür eine andere an, nämlich die, jene Strahlen zu reflectiren, die ihm von anderen, inneren oder äufseren Puncten, des Körpers zugeschickt werden. Dieses vorausgesetzt wird also ein auf einen gewissen Grad erwärmter Körper M, in der Nähe anderer ungleich erwärmter Körper, diesen anderen Wärme zusenden oder von ihnen Wärme erhalten. Allein die Wärme, welche ein unendlich kleines Element w der Oberfläche des Körpers M aussendet, besteht aus zwei Theilen, nämlich erstens aus derjenigen Wärme, die aus dem Innern des Körpers M kommt und das Element w in allen Richtungen durchkreuzt, und zweitens aus der, welche die umgebenden äufsern Körper auf das Element w senden und welche dann von diesem Elemente nach dem bekannten Gesetze reflectirt wird, dafs der Einfallswinkel dem Reflexionswinkel gleich ist. Beide Theile zusammengenommen nennt Fourier die *ganze ausgeschickte Wärme* (*la chaleur totale émise*), die auch aus der vollständigen Wärmestrahlung des Körpers kommt, während er diejenige Ausstrahlung, die blofs von der dem Körper selbst inwohnenden Wärme kommt, schlechthin *Ausstrahlung* (*rayonnement*) oder auch *eigenthümliche Ausstrahlung* (*émission totale*) heifst. Ueberdiefs läfst aber auch noch das Element w alle diejenige Wärme in den Körper M übergehn, die von aufsen auf das Element kommt und von dem Element nicht reflectirt wird, und dieses wird die *absorbirte Wärme* genannt, wobei vorausgesetzt wird, dafs dabei keine Wärme eigentlich verloren geht, sondern dafs die reflectirte und die absorbirte Wärme des Elements w eine Summe bildet, die immer gleich ist der ganzen auf dieses Element von aufsen gekommenen Wärme. Die erste, die reflectirte Wärme, wird in einer bestimmten Richtung von dem Elemente wieder ausgesendet, die zweite aber, die absorbirte Wärme, wird ein integrirender Theil der ganzen Wärme des Körpers M, und sie kann von diesem Körper wieder nach allen Richtungen ausgesendet und auch durch ganz andere Elemente des Körpers ausgesendet werden, als die sind, durch welche sie in den Körper gedrungen ist. Alle diese Grundlagen werden von Fourier als ebenso viele Axiome betrachtet, auf die er seine Theorie von der Wärme erbaut.

In seiner Anwendung dieser Theorie auf die Wärme des
rdkörpers, die hier der Gegenstand unserer Untersuchungen
t, leitet er diese Wärme zuerst aus drei Quellen ab: I) die
rwärmung der Erde durch die Sonnenstrahlen, II) die Theil-
hme der Erde an der Temperatur des Weltraums und III) die
sprüngliche Hitze ihres Inneren. Die erste unterliegt keinem
weifel, die zweite ist von Fourier, unseres Wissens, zu-
st aufgestellt werden, und die dritte endlich wurde früher
n Buffon vertheidigt und ist jetzt, aller bisherigen Gegen-
den ungeachtet, als unabweisbar beinahe allgemein angenom-
n. Wir wollen sie nach der Reihe näher betrachten.

I) Erwärmung der Erde durch die Sonne.

Die Sonnenstrahlen bringen auf die Erde eine zweifache
rkung hervor. Die eine derselben ist periodisch und be-
ft nur die äufsere Einhüllung der Erde; die zweite aber ist
stant und zeigt sich erst in einer Tiefe von nahe 30 Me-
r unter der Oberfläche der Erde. Die Temperatur jener
sern Einhüllung, jener obersten Rinde der Erde, befolgt
liche sowohl, als auch jährliche Variationen, und diese Va-
tionen sind desto beträchtlicher, je mehr man sich in dieser
de der Oberfläche der Erde nähert. Die Temperatur sehr
fer Orte im Innern der Erde ist für denselben Ort constant,
r sie wird für dieselbe Tiefe immer kleiner, je mehr man
h den Polen nähert. Die Anwesenheit der Luft über und
s Wassers auf der Oberfläche der Erde macht die Verthei-
ng der Sonnenwärme gleichförmiger, als sie ohne diese bei-
n Ursachen seyn würde. Die Luft wird von immerwähren-
n Winden und der Ocean von regelmäfsigen und weit ver-
iteten Strömungen, so wie von der täglich wiederkommen-
n Ebbe und Fluth bewegt. Von denjenigen Sonnenstrah-
, die auf der Erde ankommen, durchziehen die einen die
osphäre und die Gewässer der Erde, die andern werden
n diesen beiden Flüssigkeiten aufgefangen und einige end-
n werden wieder in den Weltraum zurückgeworfen. Die-
unendliche Raum ist der Sammelplatz aller der Wärme,
seit dem Anfange aller Dinge von allen himmlischen Kör-
n ausgeströmt ist, von den dunkeln Planeten sowohl, als
h von den leuchtenden Sonnen, da beide Arten von Him-

melskörpern ohne Zweifel eine primitive Wärme besessen haben, die sich mehr oder weniger in ihrem Innern erhalten hat, je nach der Ausdehnung (dem Volumen) dieser Körper, nach der Leitungsfähigkeit ihrer Massen und nach der Beschaffenheit ihrer Oberfläche. Die Erde z. B. hat gewifs in der Nähe ihres Mittelpuncts eine Temperatur, welche die ihrer Oberfläche weit übertrifft, weil man, je näher man zu diesem Mittelpuncte herabsteigt, immer auch eine gröfsere Hitze im Innern der Erde findet. Nach den bisherigen, noch etwas unvollkommenen und allerdings noch nicht in solchen Tiefen, die gegen den Halbmesser der Erde beträchtlich genannt werden können, angestellten Beobachtungen kann man die Zunahme der Temperatur für eine Vertiefung von 32 Meter gleich einem Grad des hunderttheiligen Thermometers schätzen.

Wenn man die Wirkungen dieser dreifachen Wärmequelle für die Erde genauer untersucht, so findet man, dafs diese Wirkungen sich so verhalten, als ob jede einzeln für sich ohne die beiden anderen existirte, so dafs man also nur die Summe dieser einzelnen Wirkungen zu nehmen braucht, um die Totalwirkung aller zu erhalten. Dieses geht aus den mathematischen Gesetzen der Bewegung der Wärme, so wie auch aus dem bekannten allgemeinen Princip der Differentialrechnung unmittelbar hervor. Wenn man in eine Tiefe von nahe 40 Meter unter die Oberfläche der Erde herabsteigt, dort wo die Temperatur anfängt constant zu werden, so sieht man, dafs in diese tiefen Orte die Wärme von zwei einander entgegengesetzten Seiten zusammenfliefst. Die Sonne giefst nämlich zuerst ein gewisses Mafs von Wärme in diese Orte aus, dessen Gröfse vorzüglich von der Breite des Ortes abhängt. Aber auch vom Mittelpuncte der Erde wird eine bestimmte Quantität Wärme dahin geschickt, nur eine sehr geringe und kaum noch kaum bemerkbare, daher man sie auch in diesen Tiefen noch ganz übersehn oder weglassen kann. Die erste oder die Sonnenwärme ist es also beinahe ganz allein, die sich in diesen Tiefen unter der Erde anhäuft und sich immerwährend erneuert. In der Nähe des Aequators dringt diese Wärme am tiefsten in die Erde ein und fliefst von da allmälig gegen die beiden Pole ab. Steigt man aus diesen Tiefen von 40 Metern näher gegen die Oberfläche der Erde, so werden allmälig jene *Variationen* der Temperatur bemerkbar,

: dem Laufe der Sonne folgen und daher eine *jährliche*, mit
n vier Jahreszeiten regelmäfsig wiederkommende Periode
ben. Noch höher hinauf, zwei oder drei Meter unter der
doberfläche, bemerkt man endlich, nebst jenen jährlichen,
ch *tägliche* Variationen der Erdwärme, und diese letzten
d um so gröfser, je näher man der Oberfläche der Erde
mmt. Die Amplitüde oder die Ausdehnung jener jährlichen
riationen, d. h., die Differenzen zwischen der gröfsten und
insten jährlichen Temperatur.. sind desto geringer, je tiefer
n unter die Oberfläche herabsteigt. Die verschiedenen
ncte derselben Verticale, die man von der Oberfläche ge-
n den Mittelpunct der Erde herabläfst, kommen nicht alle
derselben Zeit zu diesen beiden Extremen ihrer Tempera-
, aber dessenungeachtet ist, für einen und denselben Punct
ser Verticale, die mittlere jährliche Temperatur dieses
ncts eine *constante* Gröfse. Diese constante Gröfse ist
ilich die oben erwähnte *beständige* Temperatur der tieflie-
nden Orte. Dieses Resultat der Analyse, was von den Be-
chtungen bestätigt wird, ist sehr merkwürdig, da man,
n es zu erhalten, von der innern Wärme des Erdkerns und
n allen den andern Einflüssen abstrahirt hat, die es vielleicht
nnigfaltig modificiren könnten, von denen aber unsere Kennt-
se bisher nur noch sehr unvollkommen sind.

Wenn die Rotationsgeschwindigkeit der Erde um ihre
e gröfser oder wenn unser Tag kürzer wäre, als er gegen-
rtig ist, so würden die beobachteten täglichen Variationen
r Wärme nicht in so grofse Tiefen dringen, wie jetzt, son-
n näher an der Oberfläche liegen. Ebenso würde es sich
den jährlichen Variationen verhalten, wenn der Umlauf
Erde um die Sonne geschwinder, d. h., wenn die Länge
eres Jahres kürzer werden sollte. Und ganz zu denselben
ultaten würde man auch gelangen, wenn zwar die Länge
Tages und die des Jahres dieselben blieben, wis sie jetzt
d, wenn aber dafür die Leitungsfähigkeit der Massen, die
t die Erdoberfläche bilden, geringer wäre. Bei gleicher
tungsfähigkeit aber müssen, wie es schon für sich klar ist,
Tiefen, in welchen jene jährlichen und täglichen Varia-
nen aufhören bemerkbar zu seyn, mit ihrer Periode wach-
und mit ihr abnehmen, wie denn auch die Rechnung
gt, dafs jene Tiefe unter der Erdoberfläche der Quadrat-

wurzel aus dieser Periode (des Tags oder des Jahrs) proportional ist. Daraus wird zugleich erklärt, warum die täglichen Variationen der Wärme nur etwa auf den 19ten Theil der Tiefe eindringen, welche die jährlichen einnehmen. In der That ist die Länge des siderischen Jahres gleich 365,256 mittleren, das heifst, gleich 366,2564 Sterntagen und von der letztern Zahl ist die Quadratwurzel gleich 19,1378.

Dieselbe Analyse lehrt uns auch das Verhältnifs kennen, welches zwischen dem Gesetze jener periodischen Variationen und zwischen der Gesammtmenge der Wärme besteht, welche diese Oscillationen erzeugt. Wenn z. B. die äufserste Erdrinde von Schmiedeeisen wäre, so würde die Wärme, welche die Abwechselung der Jahreszeiten hervorbringt, für das Klima von Paris und für ein Quadratmeter der Oberfläche der Erde gleich seyn derjenigen Wärme, welche einen Eiscylinder schmelzen kann, dessen Basis dieser Quadratmeter und dessen Höhe nahe 3,1 Meter ist. Da aber die Leitungsfähigkeit der irdischen Substanzen viel kleiner ist als die des Eisens, so sieht man, dafs die in der Natur wirklich statt habende Wärme dieses Ursprungs auch viel kleiner seyn mufs, denn sie ist in der That proportional der Quadratwurzel aus dem Producte der Capacität der Materie für die Wärme und der Permeabilität derselben.

II) Erwärmung der Erde durch den Weltraum.

Wenn die Sonne und alle sie umgebenden Planeten und Kometen nicht existirten, so würde die Temperatur desjenigen Raumes, welchen diese Himmelskörper einnehmen, ohne Zweifel eine ganz andere seyn, als die, welche jetzt in der That statt hat. Um einigermafsen zur näheren Kenntnifs derjenigen Temperatur zu gelangen, die jetzt in demjenigen Theile des Weltraumes, den unser Sonnensystem einnimmt, herrschen mag, mufs man, nach Fourier, zuerst denjenigen thermometrischen Zustand der Erdmasse untersuchen, der blofs von der Einwirkung der Sonne kommt. Diese Untersuchung zu vereinfachen kann man die Einwirkung der Atmosphäre vorerst gänzlich weglassen. Wenn nun nichts da wäre, was diesem Weltraume eine gewisse constante Temperatur geben könnte,

. h. also, wenn unser ganzes Sonnensystem in einem rings-
m abgeschlossenen Raume, ohne allen Wärmestoff, enthalten
ler eingeschlossen wäre, so würden sich uns gewifs ganz
dere Erscheinungen zeigen, als diejenigen sind, die wir jetzt
obachten. Die Polargegenden unserer Erde z. B. würden
ter einer unermefslichen Kälte erstarren, und die Zunahme
r Kälte vom Aequator nach beiden Polen würde unver-
ichbar schneller vor sich gehn, als jetzt. Die geringste
änderung in der Entfernung der Sonne von der Erde, wie
e wegen der Excentricität der Erdbahn, würde sehr schnelle
d sehr bedeutende Aenderungen der Temperatur auf dieser
de erzeugen und der Wechsel des Tags und der Nacht
rde plötzlich und ohne alle Abstufungen von Licht zu Schat-
t, von Wärme zu Kälte vor sich gehn. Alle Pflanzen und
iere würden beim Einbruche der Nacht schnell eine durch-
ngende Kälte empfinden und die Körper derselben würden
e Wirkung eines so schnellen und kräftigen Eindrucks nicht
tragen, so wenig als den entgegengesetzten Wechsel bei dem
ieder ebenso schnell anbrechenden Tage. Die Wärme des
ern der Erde würde, wie wir bald sehn werden, diesen
tzlichen Mangel aller Wärme in dem die Erde umgeben-
n Raume keineswegs ersetzen. Dieser Theil des Welten-
mes, den unser Sonnensystem einnimmt, mufs daher eine
n eigenthümliche und constante Wärme haben, die viel-
cht nur wenig von jener der irdischen Pole verschieden ist.
se Wärme aber hat ihren Ursprung in der Wärmestrahlung
ler der Himmelskörper, deren Licht und Wärme bis zu uns
langen kann. Die unzählbare Menge dieser Körper wird
nilig die Ungleichheiten wieder ersetzen, die in der ei-
ntlichen ursprünglichen Temperatur eines jeden Planeten und
meten sich vorfinden mögen, und sie wird die Wärmestrah-
g über den ganzen Raum, in welchem sich diese Planeten
vegen, allmälig gleichförmig vertheilen. In anderen Him-
lsräumen wird vielleicht die Temperatur eine ganz andere
n, aber der Theil, welcher unserem Sonnensysteme ange-
sen ist, wird in allen seinen Puncten nahe dieselbe Tem-
atur haben, weil dieses System gleichsam eine eigene Fa-
ie von Himmelskörpern bildet, welche in Beziehung auf
n übrigen Himmelsraum auf einen sehr kleinen Platz zu-
mmengedrängt und zugleich von allen übrigen Sonnensyste-

men durch Distanzen getrennt ist, gegen welche die Dimensionen unseres eigenen Systemes nur als unendlich klein erscheinen. Einen ähnlichen Fall würde man in dem inneren Raume eines großsen Saales haben, wenn die ihn umgebenden Mauern mit der äuſseren Luft in keinem Wechselverhältniſs ihrer Wärme ständen. In einiger Zeit würde dieser ringsum verschlossene Saal, wenn er auch nur von wenigen Menschen bewohnt würde, in seinem Inneren eine constante Temperatur annehmen, die ihre Ursachen bloſs in der Wärmeausstrahlung der Bewohner desselben und in der Erzeugung derjenigen Wärme haben würde, die durch das Athmen dieser Bewohner entsteht. Auf gleiche Weise nehmen auch alle Körper unseres Sonnensystems Theil an der diesem ganzen Weltraume gemeinschaftlichen Temperatur, nur wird dieselbe für jeden einzelnen Planeten durch die Einwirkung der Sonne desto mehr vergröſsert, je näher der Planet selbst an der Sonne steht. Um aber auf diese Weise diejenige Temperatur, die jeder Planet dadurch erhalten hat, und um die Vertheilung der Wärme auf seiner Oberfläche zu bestimmen, müſste man auſser diesem seinem Abstande von der Sonne, auch noch die Neigung seiner Rotationsaxe gegen die Ebene seiner Bahn kennen, so wie die nähere Beschaffenheit dieser Oberfläche und die der ihn umgebenden Atmosphäre. Unter der Voraussetzung, daſs die ursprüngliche Wärme der Planeten, so wie die der Erde, keinen Einfluſs mehr auf seine äuſserste Oberfläche äuſsert, wie dieses bei unserer Erde nach den Beobachtungen der Fall ist, würde die Polartemperatur für alle Planeten nahe dieselbe, nämlich gleich der Temperatur des Weltraumes seyn, in welcher sich alle diese Planeten bewegen. Allein die Temperatur der anderen Theile der Oberfläche dieser Planeten kann, aus den so eben angezeigten Gründen, nicht mit Genauigkeit bestimmt werden, diejenigen Planeten vielleicht ausgenommen, die sich, wie Uranus, in einer so groſsen Entfernung von der Sonne bewegen, daſs der Einfluſs dieses Gestirns auf alle Theile seiner Oberfläche nur sehr unbeträchtlich seyn kann, so daſs wahrscheinlich die ganze Oberfläche dieser entfernten Planeten nur die Temperatur des Weltraumes, d. h. die der beiden Erdpole, haben mag.

Nehmen wir aber auch die Einwirkung der Atmosphäre

e wir bisher weggelassen haben, in unsere Betrachtungen
f, so sieht man zuerst, dafs sie wegen der groſsen Beweg-
hkeit der sie constituirenden Elemente die Vertheilung der
Wärme über alle Partieen der Erdoberfläche gleichförmiger
chen wird, als dieses ohne diese Atmosphäre der Fall seyn
nnte. Allein diese Atmosphäre besitzt noch eine andere
hr merkwürdige Eigenschaft, die wir durch einen interessan-
n Versuch Saussure's kennen gelernt haben. Die von der
nne im leuchtenden Zustande ausflieſsende Wärme durch-
ingt nämlich die Luft und alle durchsichtige Körper mit
oſser Leichtigkeit, aber wie sie, auf diesem ihrem Wege, mit
sten oder tropfbaren Körpern in Contact kommt, so verwan-
lt sie sich in eine *dunkle Wärme* und die Strahlen dieser
nkeln Wärme verlieren beinahe ganz ihre frühere Eigen-
haft der leichten Durchdringlichkeit. Die aus der Sonne
mmende leuchtende Wärme verwandelt sich demnach, wenn
e durch die Atmosphäre gegangen und mit den Körpern auf
er Oberfläche der Erde in Berührung gekommen ist, in eine
oſse dunkle Wärme, und diese dunkle Wärme häuft sich
f der Oberfläche der Erde und in den daselbst befindlichen
örpern desto mehr an, als die auf denselben zunächst auf-
genden Luftschichten dichter und weniger beweglich sind.
ese zwei Eigenschaften der gröſseren Dichte und der ge-
ngeren Beweglichkeit der untersten Luftschichten sind näm-
h, wie die bekannte schöne Theorie des Thaues so tref-
ch bestätigt hat, die eigentlichen Hindernisse, dafs die
nkle Wärme nicht wieder aus diesen Körpern ausströmen
nn, d. h. dafs diese Körper nicht wieder so schnell erkal-
n können. Und hierin ist auch die vorzüglichste Ursache
r gröſsern Kälte zu suchen, die man auf hohen Bergen an-
fft, so wie der bedeutenden Wärmeanhäufungen, die in
n Ebenen und Thälern der Erde gefunden werden, Anhäu-
ngen, die weder von dem Aufsteigen der erwärmten leich-
ten Luft, noch selbst von der Einwirkung der Winde gänz-
ch vernichtet werden können.

III) Erwärmung der Erde durch das Centralfeuer.

Hier geht Fourier von der Voraussetzung aus, dafs den Beobachtungen zufolge die Wärme des Innern der Erde für je 30 oder 40 Meter Tiefe um einen Grad des hunderttheiligen Thermometers zunehmen soll. Dieses angenommen glaubt er daraus sowohl den Ort der inneren Wärmequelle der Erde, als auch die jetzt bestehende Wirkung derselben auf die Oberfläche der Erde bestimmen zu können. Was diesen Ort betrifft, so ist aus der Natur der Sache klar und auch durch die Analyse bestätigt, dafs diese Wärmezunahme der Erde mit der Tiefe nicht von der fortgesetzten Einwirkung der Sonne auf die Erde kommen kann. Wenn dieses der Fall wäre, so würden wir gerade umgekehrt eine Abnahme der Wärme in gröfseren Tiefen bemerken müssen. Die Ursache, die den tiefer liegenden Erdschichten eine höhere Temperatur giebt, mufs also eine innere Wärmequelle seyn, deren Aufenthalt tief unter den Puncten ist, bis wohin wir in das Innere der Erde herabsteigen konnten. Zweitens mufs aber auch der Zuwachs der Wärme, der aus einer solchen Quelle auf die Oberfläche der Erde gelangt, nur äufserst gering, ja ganz unmerklich seyn, wie dieses aus dem Gesetze der Wärmezunahme beim tieferen Eindringen in das Innere der Erde folgt. Eine grofse Kugel von Eisen z. B., in welcher, wie bei der Erde, das Herabsteigen um einen Meter unter die Oberfläche nur den dreifsigsten Theil eines Grades in der Wärmezunahme giebt, würde, wie die Rechnung zeigt, nur den vierten Theil eines Grades für die Wärmezunahme auf der Oberfläche einer solchen Kugel geben. Da aber die Erde die Wärme noch viel weniger leitet, als das Eisen, so würde auch das Resultat für die Erde noch geringer seyn und, was besonders bemerkt zu werden verdient, dieses Resultat würde ganz unabhängig von dem Zustande jener Wärmequelle selbst seyn. Fourier kam durch Hülfe seiner Analyse zu dem wichtigen Schlusse, dafs dieser Zuwachs des dreifsigsten Theils eines Grades am Thermometer für jedes Meter Vertiefung unter der Oberfläche der Erde, sofern dieselbe blofs als eine Wirkung des Centralfeuers angesehn wird, ehedem sehr viel gröfser gewesen seyn mufs und dafs überdiefs dieses Verhältnifs der Wärmezunahme zur

Zeit sich nur sehr langsam ändert, so dafs mehr als drei-
tausend Jahre erfordert werden, dieses Verhältnifs auf ihre
lfte herabzubringen, oder dafs erst nach dieser langen Pe-
le von 300 Jahrhunderten die Wärmezunahme erst für 60
ter Vertiefung einen Grad C. betragen werde. Ebenso lang-
ı wird also auch die Abnahme der Temperatur auf der
rfläche der Erde selbst seyn. Die sogenannte seculäre Ab-
me wird nach der bekannten Regel gleich seyn dem ge-
wärtigen Werthe derselben dividirt durch die doppelte An-
il der Jahrhunderte, die seit dem Anfange der Abkühlung
Erde verflossen ist. Da uns durch die historischen Denk-
ler, die uns aus der Vorzeit noch übrig geblieben sind,
nigstens eine Grenze dieser Anzahl gegeben ist, so mögen
r daraus den Schlufs ziehn, dafs seit der alexandrinischen
ule bis auf unsere Zeit die Temperatur der Erdoberfläche,
aus jener Wärmequelle kommt, noch nicht um den drei-
dertsten Theil eines Grades C. abgenommen habe[1].

Ganz anders aber mag es sich mit denjenigen Schichten
Erde verhalten, die tief unter ihrer Oberfläche liegen.
se Schichten können sich noch jetzt in einem Zustande des
ihens befinden und denselben vielleicht auch noch weit
steigen, und diese werden auch in der Folge der Jahrhun-
te noch grofse Veränderungen in ihrer Temperatur erleiden.
ein die Oberfläche der Erde wird von dieser innern Wärme
viel als gar nicht mehr afficirt, und ihre Wärme kann nur
ch die Einwirkung äufserer Ursachen, z. B. durch die
ne, verändert werden. Dessenungeachtet ist jener Theil
r Wärme, welchen die Oberfläche der Erde dem Himmels-
me durch Ausstrahlung und durch Reflexion zusendet, al-
dings noch mefsbar. Nach den darüber angestellten Berech-
ngen ist diejenige Wärmemenge, die während des Laufes
es Jahrhunderts aus einem Quadratmeter der Oberfläche der
de ausströmt, im Stande, eine Eissäule zu schmelzen, de-
ı Basis jenes Quadratmeter und deren Höhe nahe drei Me-
ist.

1 Vergl. Art. *Tag*. Abth. F.

B. Poisson's Theorie.

Auf eine andere Art hat diesen Gegenstand Poisson aufgefaſst[1]. Er stellt einen analytischen Ausdruck für die Temperatur u im Innern der Erde, in einer Tiefe x unter der Oberfläche derselben, auf. Dieser Ausdruck besteht aus mehrern Gliedern, deren Werthe periodisch wiederkehren und die er durch eigene Formeln berechnen lehrt, die er schon früher[2] gegeben hatte. Die Vergleichung dieser Formeln mit thermometrischen, in gröſseren Tiefen angestellten Beobachtungen hält er für die vortheilhafteste Art, die leitende und strahlende Kraft der Erde zu bestimmen. Für die gewöhnlichen Tiefen, in welchen man bisher beobachtet hat, geht u in die *mittlere Temperatur der Erdoberfläche* über, die er durch m bezeichnet und die man als eine Function der geographischen Breite betrachten muſs, den besondern Fall ausgenommen, wenn die Oberfläche der Erde durch locale Zufälle bedeutenden Veränderungen ihrer Wärme ausgesetzt wird, wo dann dieser mittlere Werth von u durch ein bestimmtes Integral (*intégrale définie*) ausgedrückt werden kann. Dieses besonderen Fall also hier unberücksichtigt gelassen gelangt Poisson zu folgendem Ausdrucke für die oben durch m bezeichnete Gröſse. Ist t die mittlere Temperatur der Atmosphäre in ihren untersten, die Erdoberfläche berührenden Schichten, α die Wärmestrahlung der Atmosphäre und β die der Sonne, und ist k ein Coefficient, der von der elastischen Kraft der Luft und, wenn sie in Bewegung ist, von ihrer Geschwindigkeit abhängt, so hat man

$$m = \frac{kt + \alpha + \beta - c}{k + h},$$

wo h und c constante Gröſsen bezeichnen. Die einfachste Voraussetzung, die man für die Constitution der Atmosphäre machen kann, ist die, die Gröſse m gleich t zu setzen, wo dann die vorhergehende Gleichung in folgende übergeht:

$$m = \frac{\alpha + \beta - c}{h}.$$

Aus dieser Gleichung folgt, daſs, wenn man die Temperatur

1 S. Connaisance des Temps. 1827. p. 303.

2 Journal de l'École polytechnique Cah. XIX. p. 74. 323.

Erdoberfläche auf irgend eine Weise ändert, die letzte
ichheit nicht gestört wird, da die wärmestrahlenden und
›rbirenden Kräfte in demselben Verhältnisse wachsen.

Alles Vorhergehende setzt übrigens voraus, daſs der Wär-
nstand der Erde durch irgend eine constante Ursache per-
ient erhalten werde, und jene Resultate würden nicht mehr
en, wenn die Erde in der Vorzeit eine viel höhere Tem-
itur gehabt hätte oder, was dasselbe ist, wenn der Wär-
ustand der Erde noch nicht ihre endliche Grenze erreicht
en, sondern wenn sie einer noch weitern Abkühlung an
r Oberfläche ausgesetzt seyn sollte. Aber vor diesem letz-
Zustande giebt es einen andern, der überhaupt in jeder
orie der Wärme vorzugsweise zu beachten ist und den
ssoɪ, der Kürze des Ausdrucks wegen, den vorletzten Zu-
d nennt. Damit ist aber derjenige gemeint, für welchen
Glieder der Reihe von Exponentialgröſsen, in welche sich
Ausdruck für die Temperatur entwickeln läſst, bis auf
ı verschwunden sind, so daſs daher nur der Werth dieses
n Gliedes jener Reihe noch merklich ist. Dann zeigt sich
lem Ausdrucke von u ein neues Glied, das aber für die
er beobachteten Tiefen nur dann noch bedeutend ist, wenn
annimmt, daſs die Erde ursprünglich eine sehr hohe
ıperatur gehabt hat. Allein eben für diesen Fall haben,
man weiſs, die bekannten Gleichungen der Wärme keine
ere Anwendung mehr, so wenig als sie unter der Vor-
etzung angewendet werden können, daſs die Erde aus
chiedenen heterogenen Massen besteht. Endlich muſsten
ı jene hohen Temperaturen, wenn sie in der That zur
der Entstehung der Erde statt hatten, den Zustand der
osphäre bedeutend verändern und in derselben viele Was-
ünste erzeugen, wodurch denn auch das Gesetz der Wär-
rahlung der Erde in den Weltraum eine Aenderung er-
n muſste, so wie das der Wärmeleitung im Innern der
ı, wenn mehrere Schichten derselben, in Folge jener ho-
inneren Temperatur, in einem flüssigen Zustande sich be-
en.

C. Arago's Theorie.

Arago geht in seinen Untersuchungen dieses Gegenst
des von den Fragen aus, ob der Wärmezustand unserer E
mit der Zeit bestimmten, durch Beobachtungen gegebe
Veränderungen unterworfen sey, ob diese Veränderun
wenn sie bemerkt würden, die ganze Erde oder nur
Oberfläche betreffen, und endlich, wie groſs diese Wärme
derung der Erde in einer bestimmten Zeit sey. Daſs
Fragen von der gröſsten Wichtigkeit für Physik und Geol
ja selbst für den Zustand des ganzen Menschengeschlechts
der Folge der Zeiten sind, bedarf keiner Erläuterung. W
ches würde das Schicksal dieses Geschlechtes seyn, wenn
mal die Erde so sehr erkalten sollte, daſs dadurch alles
getabilische und animalische Leben gefährdet wäre?

Allein diesen Fragen geht eine andere voraus, die
beantwortet werden muſs, die Frage nämlich, ob die Erde
Zeit ihrer Entstehung eine feste oder aber ein flüssiger
per gewesen ist. Wenn sie ein fester Körper war, so
sie, ihrer Rotation ungeachtet, diejenige Gestalt, welche
anfangs hatte, auch ferner beibehalten haben. Diese Ge
kann, da sie in diesem Falle gleichsam zufällig war,
den verschiedenen Planeten sehr verschieden gewesen
Wir bemerken aber, daſs alle Planeten, so wie unsere
nur eine Gestalt haben, daſs sie nämlich alle von einer
gel nur sehr wenig verschieden sind. Schon daraus
daſs es nicht sehr wahrscheinlich ist, daſs die Erde, so
jene anderen Himmelskörper anfänglich feste Körper gew
sind.

Ganz anders verhält sich die Sache, wenn die Erde
Zeit ihres Ursprungs ein durchaus flüssiger Körper gew
ist. Ein solcher Körper, der zugleich mit einer Rotation
eine seiner Hauptaxen begabt ist, muſs mit der Zeit durch
diejenige Gestalt annehmen, in welcher alle auf ihn wirk
den Kräfte unter sich im Gleichgewichte sind. Nach
Theorie muſs aber diese Gestalt die eines *Sphäroids*, d.
die eines solchen Körpers seyn, der durch die Umdrehung
ner Ellipse um ihre kleine Axe entstanden ist. Nun stim
aber alle unsere Meridianmessungen, unsere Pendelbeob

gen, selbst mehrere astronomische Beobachtungen, wie z. B. Störungen des Mondes, die Lehre von der Präcession der chtgleichen u. s. w., damit vollkommen überein, dafs die le diese sphäroidische Gestalt hat, ja jene Beobachtungen en sogar unter sich alle sehr nahe dieselben numerischen rthe für den Unterschied der beiden Halbaxen jener Ellipse, wie wir auch durch mikrometrische Messungen bei allen näheren Planeten dieselbe elliptische Gestalt gefunden ha- . Aus diesem allen folgt daher unzweifelhaft, *dafs die de zur Zeit ihrer Entstehung ein flüssiger Körper gewe- ist.*

Was kann aber die Ursache dieses ursprünglichen Zustan- unserer Erde gewesen seyn? Wir kennen nur zwei: ent- ler das *Wasser* oder das *Feuer*. Die verschiedenen Mas- , aus denen, wie wir sehen, die Erde besteht, können an- gs alle im Wasser aufgelöst gewesen seyn und die harte ide, welche wir jetzt auf ihrer Oberfläche bemerken, kann h durch Ablagerung und Niederschlag in jenem Wasser ge- let haben. Es könnte aber auch jener erste Zustand der le durch eine sehr grofse Hitze in ihrem Innern entstanden n, durch welche alle jene verschiedenen Massen geschmol- und in jenen flüssigen Zustand versetzt wurden. Das Erste aupteten die *Neptunisten*, das Letzte die *Plutonisten*, und diese zwei Schulen theilten sich alle unsere Geologen. Die inde, mit welchen sie sich gegenseitig oft heftig genug be- npften, waren meistens nicht von Thatsachen, nicht von obachtungen entlehnt, sondern mehr von jener sogenannten ilosophischen oder metaphysischen Art, die wohl zu Dispu- onen, aber nicht zu Entscheidungen führt. Es kam aber r darauf an, an und in der Erde, so wie wir sie noch jetzt uns sehn, deutliche und unzweifelhafte Spuren von dem en oder von dem anderen jener beiden Zustände aufzu- len.

Wenn die gegenwärtige Wärme der Erde blofs von der wirkung der Sonnenstrahlen käme, so müfste diese Wärme der Oberfläche der Erde am gröfsten seyn und immer ab- men, je tiefer man unter diese Oberfläche herabgeht. Al- n die Beobachtungen zeigen das Gegentheil. Nach diesen obachtungen wächst nämlich die Wärme, je tiefer man un- die Oberfläche der Erde hinabkommt. Zwar hat man über

die Gröfse und über das Gesetz dieser Wärmezunahme im Innern der Erde noch nichts Sicheres ausmitteln können, aber die Thatsache selbst, die Zunahme der Wärme mit der Tiefe, kann nicht weiter bezweifelt werden. Man kann annehmen, dafs diese Zunahme der Wärme für je 20 oder 30 Meter einen Grad C. betrage. Daraus folgt, dafs die Wärme, die wir allerdings im Innern der Erde bemerken, der Einwirkung der Sonne nicht beigemessen werden kann, sondern dafs sie vielmehr einer andern Wärmequelle zugeschrieben werden mufs, die sich nicht aufser der Erde und, wie die Sonne, in so grofser Entfernung von ihr, sondern die sich vielmehr im Innern, in der Nähe des Mittelpuncts der Erde befindet, weil jenen Beobachtungen zufolge die innere Wärme desto mehr wächst, je mehr man sich diesem Mittelpuncte nähert. Dadurch wären wir also, mit den oben erwähnten Plutonisten, auf eine der Erde eigenthümliche Wärme, auf ein sogenanntes *Centralfeuer* der Erde gekommen. Wenn aber dieses Centralfeuer zur Zeit der Entstehung der Erde die sphäroidische Gestalt ihrer Oberfläche bestimmt haben soll, so mufs sich dieses Feuer zu jener Zeit nicht blofs im Centrum der Erde befunden, sondern es mufs sich über die ganze Masse der Erde bis an ihre Oberfläche verbreitet haben. Mit andern Worten: durch das Vorhergehende werden wir unmittelbar auf eine anfängliche, die ganze Masse der Erde durchdringende, sehr hohe Temperatur geführt, eine Temperatur, die sich in der Folge der Zeiten allmälig durch Abkühlung und Ausstrahlung an ihrer Oberfläche gegen den Mittelpunct der Erde zurückgezogen hat, wo sie jetzt eben jenes Centralfeuer oder besser jene Centralhitze bildet, aus der sich die oben erwähnte sphäroidische Gestalt der Erde als eine unmittelbare Folge ergiebt.

Diese Voraussetzung eines ursprünglich feuerflüssigen Zustandes der Erde haben auch schon ältere Naturforscher, wie Büffon, Newton, Leibnitz u. A., annehmen zu müssen geglaubt, um dadurch die Erscheinungen auf der Oberfläche der Erde zu erklären. Aber ihre Hypothese war nicht auf hinlängliche Thatsachen gegründet, um sich zu erhalten und als die einzig wahre allgemein anerkannt zu werden. Sie wurde daher später wieder zur Seite gelegt oder höchstens als Unterlage für die oben erwähnten Kämpfe zwischen den

'lutonisten und Neptunisten mehr gemiſsbraucht, als zweck-
ıäſsig benutzt. Ja einige von diesen älteren Physikern ha-
en auf jene Hypothese sogar schon die sinnreiche Behaup-
ıng gebaut, daſs die Berge durch dieses unterirdische Feuer
mporgehoben worden seyen, eine Behauptung, durch welche sich
rst in unsern Tagen Elias de Beaumont einen in der Geo-
ıgie für alle Zeiten unvergeſslichen Namen gemacht hat. Al-
iin auch diese glückliche Idee wurde wieder auf lange Zeit
in vergessen, da sie doch durch keine eigentlichen Beob-
chtungen bewiesen war und mehr ein Product der Phantasie
ls eine Folge richtiger, auf Erfahrungen gebauter Verstan-
esschlüsse zu seyn schien. Insbesondere hat Büffon durch
ine zwar sehr blühende, aber auch zugleich weder auf Be-
›achtungen noch auf Rechnungen gegründete Darstellung die-
r ganzen Theorie der Entstehung der Erde eine Art von
ımantischem Anstrich gegeben, den die Geologen lange Zeit
ach ihm beizubehalten suchten und dadurch sich und ihre
›genannte Wissenschaft bei allen an strengeres Denken ge-
öhnten Lesern in Miſscredit gebracht haben. Nach Büffon's
genannten Berechnungen z. B. soll die Erde 3000 Jahre im
ustande des Glühens gewesen seyn und fernere 34000 Jahre
ll sie nur so weit erkaltet seyn, daſs man sie am Ende die-
r Periode von 37000 Jahren, seit ihrem Anfange, noch nicht
rühren konnte. Während dieser ganzen Zeit war das nach-
rige Meer durch die Wirkung jener groſsen Hitze noch
nz in der Atmosphäre in Dunstgestalt enthalten, weil die
rde noch weitere 25000 Jahre so heiſs war, daſs sie alles
'asser in Dämpfe verwandelte. Weiter sollen nach den Fol-
rungen dieses Naturforschers die ersten Bewohner der Erde
gen der höheren Temperatur und der stärkeren Productions-
ıft dieses Planeten sehr groſse, kolossale Körper gehabt haben.
dlich fing die Erde an so weit zu erkalten, daſs sie für
anzen und Thiere geeignet wurde, und dieses soll zuerst
den Polarländern geschehn seyn, wo daher, der damals
:h dort noch so hohen Temperatur wegen, Elephanten,
allrosse und ähnliche tropische Thiere lebten, deren Ue-
reste man noch heutzutage in jenen Gegenden findet. Auf
se Weise wird der Roman fortgesponnen, nicht bloſs bis
unsern Tagen, sondern bis an das Ende aller Dinge, d. h.
93000 Jahre nach unserer Zeit, wo die Erde so weit er-

Gewichte an ihren Speichen zu verändern, auch die Temperatur des ganzen Rades verändern können und der Erfolg wird offenbar derselbe seyn müssen. Wenn man also bei jenem ersten Rade die Gewichte näher beim Mittelpuncte befestigt oder wenn man bei einem Rade ohne Gewichte die Temperatur desselben vermindert, so wird bei derselben bewegenden Kraft das Rad geschwinder um seine Axe laufen, es wird sich geschwinder drehen, wenn es kälter, und langsamer, wenn es wärmer geworden ist.

Was hier von einem Rade gesagt ist, gilt auch von jedem andern Körper, seine Gestalt mag seyn welche sie will. Es bewege sich z. B. eine Kugel in Folge eines erhaltenen ersten Stofses um ihre Axe. Wenn das Volumen dieser Kugel durch Erwärmung derselben gröfser wird, so wird sich die Kugel langsamer als zuvor drehen, und wenn sie allmälig erkaltet, so wird sie auch ebenso allmälig immer schneller um ihre Axe rotiren. Unsere Erde aber ist nichts anderes als eine solche im freien Raume schwebende Kugel, die ebenfalls in Folge eines ursprünglichen Stofses sich in einer bestimmten Zeit, d. h. in einem Sterntage, ganz um ihre Axe dreht. Wenn daher diese Erdkugel mit der Zeit ihre Temperatur verlieren oder wenn sie allmälig kühler werden sollte, so wird sie sich auch immer schneller um ihre Axe drehn oder so wird die Dauer ihrer Umlaufszeit, d. h., so wird der Sterntag immer kürzer werden müssen. Nun haben wir aber oben (Art. *Tag*, Absch. F) gesehn, dafs der Sterntag seit den ältesten Zeiten, von denen wir noch astronomische Beobachtungen haben, das heifst, seit mehr als 2000 Jahren sich noch nicht um den hundertsten Theil einer Zeitsecunde geändert hat, und die Art, wie dieser Schlufs a. a. O. gefunden wurde, hat ohne Zweifel jeden Leser von der Verläfslichkeit und strengen Richtigkeit desselben überzeugt. Wenn nun, wie wir gewifs wissen, der Tag seit 2000 Jahren sich nicht einmal um $\frac{1}{100}$ Secunde geändert hat, oder mit andern Worten, wenn die Umdrehungszeit der Erde noch immer bis auf eine ganz unmerkbare Gröfse dieselbe ist, wie sie vor zwei Jahrtausenden war, so wird auch wohl die Temperatur der Erde im Anfange und am Ende dieser Periode nur ganz unmerklich von einander verschieden seyn. Um diese Verschiedenheit der

mperatur der Erde, wie sie jetzt ist und wie sie vor 2000 hren war, genauer anzugeben, nehmen wir für die mittlere usdehnung der Massen, aus welchen die Erde besteht, die inste, die wir kennen, die Ausdehnung des Glases an, nämlich $\frac{1}{1000}$ für jeden Grad des hunderttheiligen Thermometers. Für ne solche Ausdehnung des Volumens einer Kugel findet man er nach den bekannten Gesetzen der Mechanik eine Veränderung der Umlaufszeit der Kugel, die nur $\frac{1}{50000}$ der früren Umlaufszeit beträgt. Diese Umlaufszeit ist aber der 'erntag, der 86400 Secunden enthält, so dafs man daher r die Veränderung des Sterntages, die der Abnahme der ittleren Wärme der Erde um einen Grad entspricht, erlt

$$\frac{86400}{50000} = 1{,}728 \text{ Secunden.}$$

llein wir haben oben gefunden, dafs die Länge des Tags it 2000 Jahren noch nicht um den hundertsten Theil einer kunde abgenommen haben kann, und da dieses nur der '3ste Theil von der eben erhaltenen Abnahme des Tags ist, haben wir sonach die Abnahme der Temperatur seit jener it 173mal gröfser angenommen, als wir sie hätten annehmen llen, oder mit andern Worten: die Abnahme der mittleren mperatur der Erde seit zweitausend Jahren beträgt nicht er $\frac{1}{173}$ eines Grades C., und daher wird diese Abnahme, enn sie jetzt gleichmäfsig fortginge, nicht in 2000, sondern st in 346000 Jahren einen Grad betragen. Man bemerkt, ſs die letzte Zahl noch viel gröfser seyn würde, wenn wir r die Ausdehnung der Erde durch die Wärme diejenige irnd eines anderen uns bekannten Körpers statt des Glases wählt hätten. Obschon es durchaus unwahrscheinlich ist, ſs die Massen, aus welchen die Erde besteht, eine so geige mittlere Ausdehnung, wie das Glas, haben sollten, so ollen wir doch, da wir über diese Dilatation noch so unwiſs sind, das oben erhaltene Resultat $\frac{1}{173} = 0{,}006$, um nz sicher zu gehn, zehnmal gröfser nehmen, wodurch man 06 oder in runder Zahl $\frac{1}{16}$ erhält, so dafs wir demnach mit ner Bestimmtheit, deren sich vielleicht nur wenige Resultate r Naturwissenschaften zu erfreuen haben, den Satz aufsteln können, dafs die mittlere Temperatur der *ganzen* Erdku-

gel in den letzten 2000 Jahren sich gewifs noch nicht um den zehnten Theil eines Grades vermindert hat[1].

D. Perioden der weiteren Abnahme der Temperatur der Erde.

Das Vorhergehende giebt uns ein einfaches Mittel, das Verhalten der mittleren Temperatur der Erde in der Vorzeit und in der spätern Zukunft mit derjenigen Verläfslichkeit zu bestimmen, die man bei Untersuchungen solcher Art fordern kann. Unsere Nachfolger werden allerdings an den hier zu entwickelnden Resultaten noch bedeutende Aenderungen anbringen, wenn die Theorie weiter fortgerückt und die Anzahl zweckmäfsiger Thermometerbeobachtungen vermehrt seyn wird, was aber uns nicht abhalten soll, so weit zu gehn, als wir unter unsern beschränkten Verhältnissen zu thun im Stande sind. Sey x die Zeit, in Zeiträumen von 2000 Jahren ausgedrückt, und P die Temperatur der Erde im Anfange, so wie p am Ende dieser Periode von 2x Jahrtausenden, so hat man, wenn die Temperatur in einem geometrischen Verhältnisse abnimmt, während die Zeit in einem arithmetischen Verhältniss wächst oder gleichförmig fortgeht, die Gleichung

$$\frac{P}{p} = e^x,$$

wo e eine constante Gröfse bezeichnet, die nun vor allen andern bestimmt werden soll. Nach demselben Arago[2] ist die constante Temperatur des Weltraumes, in welchem sich die Planeten unseres Sonnensystems bewegen, gleich — 46°, und ebenso grofs soll auch, nach seiner und Fourier's Hypothese, die mittlere Temperatur der Erde an ihren beiden Polen seyn, während die mittlere Temperatur derselben am Aequator gleich + 22° angenommen wird. Demnach hätte man für den zu unseren Zeiten statt habenden Temperaturunterschied am Aequator und im Weltraume die Gröfse 22° — (— 46°) = 68°. Nach dem Vorhergehenden aber hat die Temperatur am Ae-

1 Vergl. Arago im Annuaire für das Jahr 1834, und besonders La Place Méc. céleste Vol. V., aus welcher letztern Quelle auch Arago, wie er selbst anführt, seine Theorie geschöpft hat.

2 Poggendorff Ann. XXXVIII. 235.

quator seit 2000 Jahren um $\frac{1}{10}$ Grad abgenommen, so dafs daher der Temperaturunterschied am Aequator und im Weltraume vor 2000 Jahren gleich 68°,1 gewesen ist. Aus diesen Prämissen werden wir den Werth der vorhergehenden Constante e zu bestimmen im Stande seyn. Ist nämlich a die Temperaturdifferenz am Aequator und im Weltraume im Anfange dieser Periode der letzten 2000 Jahre und bezeichnet man durch a e, a e^2, a e^3 . . . dieselbe Differenz für das 2te, 3te, 4te . . . Jahr dieser Periode, so hat man die geometrische Reihe

$$a, ae, ae^2, ae^3 \ldots ae^n \ldots,$$

und wenn man das letzte Glied a e^n dieser Reihe durch u bezeichnet, so hat man für die Summe s aller Glieder

$$s = \frac{a - ue}{1 - e},$$

woraus folgt

$$e = \frac{a - s}{u - s}.$$

Für unsere vorhergehenden Annahmen ist aber a = 68°,1, u = 68°,0 und die Totalabnahme der Temperatur während der ganzen Periode oder $s = \frac{1}{10}$. Substituirt man diese Werthe von a, u und s in dem letzten Ausdrucke, so hat man

$$e = \frac{68{,}0}{67{,}9} = 1{,}00147,$$

so dafs daher die oben aufgestellte Gleichung für x in die folgende übergeht

$$\frac{P}{p} = 1{,}00147^x \ldots \text{(A)}.$$

Wenn man die dieser Gleichung zum Grunde gelegten Annahmen als der Wahrheit wenigstens sehr nahe liegend annimmt, so lassen sich dadurch mehrere interessante Probleme auflösen. Wir wollen von denselben nur einige anführen.

Probl. I. Wie viel Zeit gebraucht die mittlere Temperatur der Erde, um in einer Periode von 2000 Jahren um einen Grad abzunehmen? Zählt man diese Periode von Hipparch an, der nahe 2000 Jahre vor uns lebte, so giebt die Gleichung (A)

$$P = 68{,}1 \text{ und } p = 67{,}1,$$

also auch

$$1{,}0149 = 1{,}00147^x,$$

woraus folgt

$$x = 10{,}0714 \text{ und } 2000x = 20143 \text{ Jahre}$$

oder von Hipparch's Zeit an wird eine Periode von 20143 Jahren verfließsen, bis die mittlere Temperatur der Erde um einen ganzen Grad abgenommen hat.

Probl. II. Die mittlere Temperatur Deutschlands kann jetzt nahe gleich $+8^\circ$ R. angenommen werden. Ohne Zweifel ist sie in der Vorzeit viel gröſser und auch einmal gleich der gegenwärtigen Temperatur am Aequator oder gleich $+22^\circ$ R. gewesen, wie es denn wohl vormals eine Zeit gegeben haben mag, wo die Temperatur an allen Orten der Erdoberfläche dieselbe war und wo sich daher von einem Unterschiede der Klimate oder der Zonen keine Spur zeigte. Sucht man nun die Zeit x', welche verflossen ist, seitdem die Temperatur in Deutschland von $+22^\circ$ auf $+8^\circ$ herabgesunken ist, so hat man, da $68 - (22 - 8) = 54$ ist, nach der Gleichung (A)

$$\frac{68}{54} = 1{,}259 = 1{,}00147^{x'},$$

woraus folgt

$$x' = 156{,}8$$

oder

$$2000x' = 313600 \text{ Jahre},$$

so daſs demnach seit der Zeit, wo in Deutschland das Tropenklima von $+22^\circ$ herrschte, bis auf unsere Tage 313600 Jahre verflossen seyn müſsten. Der Anfang dieser Periode würde also, nach Fourier's Theorie, die Zeit gewesen seyn, als das Centralfeuer der Erde sich noch nicht gegen den Mittelpunct derselben zurückgezogen hatte und daher die ganze Oberfläche der Erde einer gleichen Temperatur von $+22^\circ$ ausgesetzt war.

Probl. III. Suchen wir endlich die Zeit x'', von Hipparch an gerechnet, in welcher der Aequator, dessen mittlere Temperatur jetzt $+22^\circ$ ist, nur noch einen Temperaturunterschied von $0^\circ{,}01$ gegen den Weltraum haben wird, eine so geringe Temperatur, daſs sie einer gänzlichen Erkaltung des Aequators gleichgesetzt werden kann. Für die Auflösung dieses Problems giebt die Gleichung (A)

$$\frac{68{,}1}{0{,}01} = 61810 = 1{,}00147^{x''},$$

raus folgt

$$x'' = 6009 \text{ oder } x'' = 12018000 \text{ Jahre.}$$

gänzliche Erkaltung des Aequators würde also, von Hir-
cH's Zeit zu zählen, erst nach mehr als 12 Millionen Jah-
statt haben. Dabei muſs aber bemerkt werden, daſs der
fluſs der Sonne auf die Erdoberfläche nicht berücksichtigt
den ist. Da diese Rücksicht aber nicht vernachlässigt wer-
darf, so kann auch von einer solchen gänzlichen Erkal-
g der Erde keine Rede seyn. Die Erde wird vielmehr in
r gegenwärtigen Abnahme der Temperatur nur so lange
schreiten, bis sie zu dem Puncte gelangt ist, wo ihr Wär-
verlust durch Ausstrahlung gleich seyn wird der Wärmeer-
gung auf ihrer Oberfläche durch die Sonne. Von dieser
an wird der Wärmezustand der Erde stationär seyn und
oben angenommene geometrische Reihe, welche die Erde in
r Erkaltungsperiode seit der Epoche ihrer Schöpfung durchläuft,
d bei jenem Gliede enden, wo ihr Wärmeverlust durch
Einwirkung der Sonne vollständig aufgewogen wird. Ob
er Zeitpunct schon eingetreten ist oder ob er, nach Fou-
r[1], uns noch bevorsteht, müssen wir wohl einstweilen un-
chieden lassen.

Die drei so eben gefundenen Perioden für x, x' und x''
allerdings für nicht klein zu achten, allein sie werden
h viel beträchtlicher, wenn man, wie es aus dem Vorher-
nden (C) sehr wahrscheinlich ist, die Temperaturver-
derung für die Zeit der zwei letzten Jahrtausende noch
er als 0°,1 annimmt. So haben wir oben, obschon wir
Erde die gewiſs zu geringe Dilatation des Glases durch
Wärme gaben, die Temperaturveränderung der Erde seit
) Jahren gleich $\frac{1}{172}$ = 0,006 eines Grades gefunden.
mt man überdieſs die Temperatur des Weltraums nach
rier gleich — 45,618 und die des Aequators, wie zuvor,
h + 22 an, so hat man u = 67,618, a = 67,624 und
0,006, also auch

$$e = \frac{a-s}{u-s} = 1{,}000089.$$

diesem Werthe von e erhält man aus der Gleichung (A)

Théorie de la Chaleur p. 366.

für die oben aufgestellten drei Probleme in derselben Ordnung

$$1{,}015 = 1{,}000089^x \text{ oder } 2000x = 334000 \text{ Jahre}$$
$$1{,}2611 = 1{,}000089^x \text{ — } 2000x = 5220000 \text{ —}$$
$$6762{,}4 = 1{,}000089^x \text{ — } 2000x = 198450000 \text{ —}$$

so dafs daher bei dieser nahe 16mal langsamern Abnahme der Temperatur der Erde auch jene drei Perioden nahe 16mal gröfser werden als zuvor. Fourier setzt diese Abnahme der Temperatur der Erde für die letzten zwei Jahrtausende gleich 0°,024, also nahe 4mal kleiner als 0,1, so dafs jene drei Perioden 4mal gröfser als in der ersten Auflösung unserer Probleme seyn werden. In der That setzt man mit Fourier $u = +45°{,}6 + 22°{,}0 = 67{,}6$; $a = 67{,}624$ und $S = a - U = 0{,}024$, so findet man $e = 1{,}000355$ und daher wieder nach der Gleichung (A)

$$1{,}015 = 1{,}000355 \text{ oder } 2000x = 83800 \text{ Jahre}$$
$$1{,}2611 = 1{,}000355^x \text{ — } 2000x = 1306800 \text{ —}$$
$$6762{,}4 = 1{,}000355^x \text{ — } 2000x = 49677000 \text{ —}$$

Nach diesen letzten Berechnungen würden demnach 1306800 Jahre verflossen seyn, seit der Zeit, wo in Deutschland die Tropentemperatur von + 22° herrschte. Die Geologen nehmen beinahe allgemein an, dafs die merkwürdigen vegetabilischen Ueberreste, welche die Steinkohlenlager in Europa bilden, nur in einem Tropenklima entstanden seyn können, so dafs demnach das Alter dieser Lager, nach Fourier's Temperaturabnahme von 0°,024 für 2000 Jahre, weit über eine Million Jahre und nach der Temperaturabnahme von 0,1 sogar über fünf Millionen Jahre betragen würde. Diese Steinkohlenlager sind oft über mehrere Quadratmeilen ausgebreitet und sie finden sich in allen Welttheilen. Göppert[1] behauptet, dafs die Pflanzenabdrücke, die man in den tieferen, also älteren Lagern von Steinkohlen findet, im Allgemeinen immer derselben Gattung von Pflanzen zugehören, und Graf Sternberg hat daraus den Schlufs gezogen, dafs überall, wo man solche Lager findet, in Schottland, in Sibirien, im nördlichen America u. s. w. in der Vorzeit ein Tropenklima geherrscht haben müsse. Zu denselben Resultaten ist auch Adolph Bro-

1 Ueber die fossilen Farrenkräuter. Breslau 1836. S. 64 f.

niart gelangt, der diesen Gegenstand mit besonderem Eifer
nd Scharfsinn untersucht hat. Wenn gleich schon die Grau-
acke häufige Pflanzenabdrücke enthält und wenn selbst das
orhandenseyn einer Organisation noch vor der Bildung der
rauwacke nicht zu leugnen ist, so sind doch jene Stein-
ohlenlager, obschon späteren Ursprungs, die sprechendsten
nd zugleich am weitesten verbreiteten Zeugen einer solchen
orweltlichen Vegetation, und alle Pflanzen, die man in die-
n Lagern findet, gehören einer viel wärmeren Zone an, als
iejenige ist, in welcher man sie jetzt findet. Alle Pflanzen
s der Classe der Gefäfs-Kryptogamen, alle Farrenkräuter,
ycopodiaceen und Equisetaceen, die man in diesen Lagern
n oft erstaunlicher Gröfse findet, erreichen lebend nur in
r heifsen Zone eine so bedeutende Höhe. Wenn daher diese
flanzen auch in den gemäfsigten und selbst kalten Klimaten,
o wir jetzt ihre Ueberreste finden, gelebt haben sollen, so
ufs die Temperatur dieser Gegenden in der Vorzeit wenig-
ens ebenso grofs gewesen seyn, als die gegenwärtige am
equator.

Ohne Zweifel verdienen diese auch in andern Beziehun-
n höchst merkwürdigen Steinkohlenlager eine noch viel ge-
uere und mehr umfassende geologische Untersuchung, als
nen bisher zu Theil geworden ist. So hat z. B. der Berg-
erksdirector Gräser das Lager von Eschweiler bei Aachen
ehrere Jahre aufmerksam erforscht und gefunden, dafs das-
lbe aus nicht weniger als 44 übereinander liegenden Stein-
hlenflötzen besteht, die alle von einander deutlich getrennt
d unterschieden sind. Diese Untersuchungen wurden ihm
erdings dadurch sehr erleichtert, dafs der dort sehr rege
rgbau das ganze Steinkohlengebilde nach allen Seiten und
in eine grofse Tiefe aufgeschlossen hat. Nach seinen Un-
suchungen finden sich in jedem dieser Flötze nur eigene Ar-
von Pflanzen, die in den anderen Flötzen nicht angetrof-
werden. Er zählt daher ebenfalls 44 Pflanzenwelten, die
r allmälig untergegangen sind, um ihren Nachfolgern Platz
machen, die wieder dasselbe Schicksal getroffen hat. Wenn
n, wie es sehr wahrscheinlich ist, die Pflanzen der unter-
n Lage der heifsen Zone und die der höhern auch wieder
milderen Zonen angehören, so hätten wir hier eine Reihe
Denkmälern, deren jedes vielleicht mehrere Jahrtausende

umschliefst, und zugleich einen Beweis, dafs die Temperatur der Erde in der Vorzeit sehr hoch gewesen seyn und dafs die Ausbildung dieser Steinkohlenlager in allen ihren Theilen einen ungeheuer grofsen Zeitraum umfafst haben mufs, einen Zeitraum, in welchem mehrere periodische Veränderungen des Klima's und der Vegetation an denselben Orten statt fanden.

Für eine ehemalige höhere Temperatur in der Nähe der Erdpole hat man oft genug die fossilen Thierreste angeführt, die man am Ausflusse der Lena in Sibirien, an den Ufern des Wilhui u. s. w. gefunden hat, obschon die noch lebenden Thiere derselben Art jetzt nur zwischen den Wendekreisen angetroffen werden. Laplace bestreitet die Aehnlichkeit dieser Thierarten, da diese fossilen sogenannten Elephanten, Mammuts u. a. mit dichten Haaren und Borsten bedeckt waren, also dem kälteren Klima, wo sie gefunden werden, eigenthümlich angehören sollten. Auch Cuvier[1] ist der Ansicht, dafs diese Thiere, deren Reste man in Sibirien findet, daselbst gelebt und gewohnt haben müssen, dafs sie aber nicht durch eine allmälige Abnahme der Temperatur, obschon diese allerdings statt gehabt hat, sondern dafs sie durch irgend eine plötzliche Katastrophe zu Grunde gegangen sind. Wäre die Kälte, die ihnen den Untergang gebracht haben soll, nur allmälig eingetreten, so würden ihre Knochen und noch viel mehr ihre weicheren Theile zersetzt und aufgelöst worden seyn, und es wäre unmöglich, dafs ein ganzer Leichnam, wie der von Adams entdeckte, seine Haare und seine Haut behalten hätte. Er mufs daher unmittelbar von dem Eise eingeschlossen worden seyn, in welchem man ihn gefunden hat. V. Humboldt aber wurde durch seine letzten Reisen im nordöstlichen Rufsland zu einer andern Erklärung dieser vielbesprochenen fossilen Thiere geführt. Er fand nämlich in den Breiten von 56 bis 58 Graden, obschon die Temperatur der Luft im Sommer Mittags bis 45 und mehr Grade stieg, doch ganz seichte Brunnen, deren Wasser nur 1 oder 2 Grade Wärme hatte, zum Zeichen, dafs der Boden in jenen Gegenden schon sehr abgekühlt seyn mufs. Allein unter noch höheren Breiten von 59 bis 62 Graden fand er diesen Boden auch im Sommer in einer Tiefe von 12 bis 15 Fufs stets gefroren. Zu Jakutsk

1 Ossemens fossiles. 1821. p. 202.

eite 62° 2′) ist dieses unterirdische Eis ein immerwähren-
und allgemein bekanntes Phänomen, ungeachtet der oft
r hohen Temperatur der Luft des Sommers zu Mittag.
n kann sich daher leicht denken, wie rasch von Jakuzk
°) bis zum Ausflufs der Lena (72°) die Dicke dieser
gen Eisschicht zunehmen und zugleich gegen die Ober-
he der Erde heraufsteigen mufs. Wenn nun, fährt
HUMBOLDT fort, in jene Gegenden Thiere aus wärmern
en sich verirrt, sich vielleicht auch daselbst zum Theil ac-
atisirt haben mögen, so können doch einige Individuen
elben in Folge von Erdstöfsen oder von plötzlichen Ris-
im Boden ebenso plötzlich ihren Untergang gefunden ha-
, wo sie dann in diesen Eisspalten ihr Grab, aber auch
leich die Erhaltung ihrer Leichname getroffen haben. Zur
erstützung dieser Annahme von einer Verirrung der Thiere
der heifsen in die kalte Zone führt er an, dafs noch jetzt
er, ganz den indischen ähnlich, von Zeit zu Zeit in Si-
en bis in die Breite von 53 Graden gefunden werden und
der Königstiger, den wir ein Thier der heifsen Zone zu
en gewohnt sind, in einer Ausdehnung von 40 Brei-
raden zu beiden Seiten des Aequators lebt und im
mer zuweilen Streifzüge von hundert und mehr Meilen
n Norden macht. Wie leicht konnte es geschehn, dafs
elne dieser Thiere bis zu jenen hohen Breiten gelangten
dann durch einen Erdfall oder durch sonst ein aufserge-
nliches Ereignifs in dem ewigen Eise jener Gegenden ih-
Tod und zugleich, von diesem Eise umschlossen, ihre
altung gegen die Verwesung gefunden haben.

Wenn in der Vorzeit die Temperatur an der Oberfläche
Erde, in der Nähe der Pole, auch nur so grofs gewesen
wie sie jetzt in der Mitte Deutschlands ist (und sie war
Zweifel noch viel gröfser), so konnten daselbst jene
aarigen Pachydermen (Dickhäuter), wie sie CUVIER nennt,
ohne Hindernifs leben und wohnen. Wenn nun in je-
Zeit, wo die erste Eisbildung auf der Oberfläche unserer
begann, durch irgend eine Katastrophe, durch ein Erd-
n, durch eine Senkung des Küstenlands in Sibirien, durch
Fluth von den Polargegenden gegen Süden, das Eis in
en Massen südwärts geführt oder an die Oberfläche der
gebracht wurde, so ist es wohl nicht unwahrscheinlich,

dafs darin jene Pachydermen ein schnelles Grab gefunden [illegible] ben. Vielleicht war dieses dieselbe Katastrophe, die den [illegible] stenländern der Ostsee die erratischen Blöcke [illegible] zuführte und die die Steingebilde Schwedens bis in die [illegible] derungen von Polen gebracht hat. In der That [illegible] nach Germarus in Graudenz ganz dieselben [illegible] die man in Gothland antrifft. Jene merkwürdigen [illegible] streuten Blöcke an der Küste der Ostsee sind offenbar [illegible] Nord gen Süd gekommen, und in Nordamerika [illegible] ähnliche Blocklager, die offenbar denselben Weg ge[illegible] haben. Eine solche locale, wenn gleich weit verbreitete [illegible] berschwemmung von Norden nach Süden, die das [illegible] liche Sibirien mit Eisschollen bedeckte, könnte dieses [illegible] wohl auch bedeutend abgekühlt haben, ohne eine [illegible] Abnahme der Temperatur der Erde überhaupt oder [illegible] plötzliche Umänderung in der Richtung der Erdaxe [illegible] men, von welcher letztern sich doch kein nur [illegible] scheinlicher Grund angeben läfst. Zwar hat man das V[illegible] men jener fossilen Ueberreste tropischer Thiere und [illegible] in höhern Breiten oft genug schon einer Ueber[illegible] zugeschrieben, die man aber nicht von Nord, [illegible] Süd nach Nord kommen und auf diesem Wege [illegible] tropischen Erzeugnisse mit sich nach Norden [illegible] Fortas hat als einer der Ersten diese Meinung [illegible] sie durch die Abdachung der Bergketten des [illegible] gegen Norden zu beweisen gesucht. Allein es [illegible] denn unmöglich, dafs, mitten unter den Zerstörungen [illegible] solchen Fluth, jene so grofse Strecken mit [illegible] so wenig an ihren Körpern gelitten und nun [illegible] sehrtem Zustande ihre ruhige Lagerstätte im [illegible] haben sollen. Wie soll man aber durch eine solche [illegible] ihese die weitverbreiteten unterirdischen Wälder [illegible] ren Bäume zwar ebenfalls einer wärmeren [illegible] deren Stämme aber alle senkrecht und ganz [illegible] stehn, die sie noch lebend eingenommen haben [illegible]

Man hat gegen die anfängliche hohe Temperatur [illegible] oft die Einwendung gemacht, dafs eine [illegible] Meer und alles Wasser der Erde in Dampf [illegible] müfste. Allein Mitscherlich zeigte, dafs [illegible] einer hohen Temperatur zur Zeit der Schöpfung [illegible]

istenz des Wassers auf derselben sehr gut vereinbar ist.
ne Zweifel mufste damals ein grofser Theil des Wassers in
förmigem Zustande die Erde umgeben, aber unter dem ge-
ltigen Drucke einer solchen Wassergas-Atmosphäre konnte
Wasser im liquiden Zustande, wenn auch bis zum Glü-
i erhitzt, sehr wohl bestehn. Eine solche Atmosphäre
inte nur in der ersten Nähe an der Oberfläche der Erde
i bilden, da in gröfsern Höhen, in den kälteren Regionen
Weltraums, die Wasserdämpfe einer solchen Atmosphäre
nellen und immerwährenden Zersetzungen und Condensa-
ien ausgesetzt seyn mufsten. Sonach war in jener dunklen
zeit unsere Erde ringsum in einen dichten Nebel einge-
lt, aus welchem unaufhörlich wässerige Niederschläge er-
ten, welche, kaum die Oberfläche der noch so heifsen Erde
ihrend, sofort in Dämpfe verwandelt und in jene Atmo-
äre wieder hinaufgeschickt wurden. In dieser Nebelumhül-
g (vielleicht der Zeit der Finsternifs, die nach der Gene-
sich über die neugeschaffne Erde verbreitete) mufste die
e so lange verbleiben, als die Wirkung der Sonnenstrah-
nicht durch diese dichte Dampfhülle der Erde dringen
nte. Damals war demnach die Sonne für die Erde gleich-
noch gar nicht da, und ebenso konnte auch der Wärme-
ust der Erdoberfläche durch Ausstrahlung, jener dichten Um-
ung wegen, nur unbedeutend seyn. Dennoch mufste durch
immer wechselnden Zustand von Verdunstung des Was-
auf der Oberfläche der Erde und von Condensation des
ssergases in den höheren Gegenden beständig eine grofse
ige Wärme in den diese Hülle umgebenden Weltraum sich
treuen und dadurch die Temperatur der Oberfläche der
, so hoch dieselbe auch anfangs gewesen war, allmälig
etwa zu der Siedehitze des Wassers herabsinken. Zu die-
Zeit mochte jene dichte Nebelhülle angefangen haben sich
erstreuen, so dafs die Erdoberfläche der Wirkung der
ienstrahlen zugänglich werden konnte, wo dann, als erste
e derselben, die Verschiedenheit der Klimate hervortrat,
von der Lage der einzelnen Theile der Erdoberfläche ge-
die Sonne abhängen. Wenn in den frühern Zeiten die
nur sehr langsam und gleichförmig nach ihrer ganzen
lehnung sich abkühlte, so wurde jetzt diese Abkühlung
en Polargegenden wegen des Einflusses der Sonne viel ra-

cher, als nahe am Aequator. Ob zu dieser Zeit schon
ganisches Leben auf der Erde gefunden wurde, ist schwer
entscheiden. Wir sehn noch jetzt Pflanzen und selbst Th
in sehr hohen Temperaturen leben[1]. Aber nicht sowohl
hohe Temperatur, als die immer wiederkehrenden Kämpfe
Elemente in jener Zeit werden aller organischen Entwick
feindlich entgegen gestanden haben. Unsere Vulkane
leben und unsere Ueberschwemmungen, so verheerend
auch uns erscheinen, mögen doch gegen die ähnlichen E
nisse jener grauen Vorzeit, in Beziehung auf ihre In
und auf ihre Ausdehnung, nur als ganz verschwindend
trachten seyn. Unter jenen gewaltigen Kämpfen der Ele
wurden nicht nur ganze Geschlechter von Pflanzen und Th
sondern mehr als einmal die ganze Organisation der O
che der Erde vertilgt, und so oft in den sparsamen Ja
Ruhe das Leben aus dem Moder der jüngst zerstö
Welt sich wieder mühsam hervorwand, so oft wu
die junge Welt wieder von neuen Fluthen verschlu
von neuen unterirdischen Flammen verzehrt, wie w
noch in den über einander liegenden Trümmern
sondern vielleicht unzähliger vorweltlicher Organis
Spuren jener furchtbaren und immer wiederkehrenden
rungen erblicken.

Sonach haben wir zwei wesentlich verschiedene
der Ausbildung unserer Erde erhalten. Die erste P
ginnt mit der Entstehung der Erde aus ihrem
Zustande. In diesem Zeitraume war die Erde noch
der Sonne undurchdringlichen Dunsthülle umgeben,

---

1) Sonnerat und Prevost sahen den Vitex agnus castus an einem
warmen Bache, dessen Temperatur + 50° war, noch [illegible]
zen. Die Ufer dieses Baches waren mit grünenden [illegible]
und in dem Wasser selbst lebten mehrere Fischarten. [illegible]
rien leben in heissen Quellen von 60 bis 80° R. [illegible]
den vereinigten Staaten Nordamerica's in Quellen von [illegible]
Muscheln leben. In den warmen Bädern von [illegible]
einer Temperatur von 67°. Auch in den Karlsbader [illegible]
sich Infusorien. Wenn daher jetzt noch Pflanzen und Th
hohen Temperaturen gedeihen, warum sollen wir [illegible]
von den längst untergegangenen Organismen [illegible]
vielleicht noch viel grösser wären, erwarten [illegible]

r, so wie in der ganzen Erde selbst, in dem eigentlichen
n jener Hülle, wahrscheinlich eine fast überall gleichförmig
theilte und sehr hohe Temperatur herrschte. Die zweite
iode begann mit der allmäligen Aufklärung jener düstern
lle, die nun den Sonnenstrahlen ihren Weg bis zur Erd-
rfläche bahnte, wodurch der erste Grund zu der Verschie-
heit der Klimate gelegt wurde. Diese Periode endete mit
Zeit, wo die innere Erdhitze aufhörte, unmittelbar auf die
rfläche der Erde einzuwirken, und wo die Temperatur
er Oberfläche beinahe allein von der Einwirkung der Son-
abhängig wurde. In diese Periode fällt die Bildung aller
r grofsartigen Formationen von der Grauwacke bis zu den
nannten tertiären Gebirgen, in welchen man so viele or-
ische Reste und Versteinerungen vorweltlicher Pflanzen und
ere findet, deren Geschlechter vielleicht nur kurze Zeit ge-
haben, um wieder nachfolgenden Schöpfungen Platz zu
hen, die ebenfalls durch die immer wiederkommende Re-
tion untergehn mufsten. Diesen beiden Perioden, deren
Jahrtausende umfassen mochte, folgte endlich die dritte
gegenwärtige, in welcher Ruhe und Gleichgewicht unter
bisher auf der Oberfläche der Erde kämpfenden Kräften
errschend wurde, wo die klimatischen Verhältnisse im-
entscheidender hervortraten, wo die sich über die ganze
verbreitenden Geschlechter der Pflanzen und Thiere ei-
festern Bestand und eine gesicherte Dauer erhielten und
endlich auch das feinste und höchste Gebilde der irdi-
n Organisation, wo der Mensch entstanden ist. Denn er
dieser letzten Zeit aufbehalten, da er in den wilden Käm-
der Elemente, in den beiden früheren Perioden, auf kei-
Puncte der Erde eine seiner Bestimmung angemessene
finden konnte. Das Ende dieser dritten Periode kann
in die Zeit setzen, wo auch der innere Kern der Erde
ur Temperatur der Oberfläche derselben abgekühlt seyn

Die Zeitdauer dieser drei Perioden anzugeben fehlen uns
Mittel. So viel aber scheint gewifs, dafs diese Perioden
eure Zeiträume umfassen, von denen es vielleicht un-
späten Nachkommen gelingen wird, sich wenigstens ei-
ler Wahrheit angenäherten Begriff zu machen. Wir sind
ungen, uns an die kurze Periode, die wir unsere Men-

schengeschichte nennen, und an die wenigen Thatsachen zu halten, die uns aus den ersten Zeiträumen dieser Geschichte aufbehalten sind. Die alten Gebäude, Tempel und Pyramiden, die wir in Indien, Aegypten und selbst in dem neuen Continente gefunden haben, gehören vielleicht einer Epoche an, die ein oder selbst mehrere Jahrtausende von uns entfernt ist. Aber, so ehrwürdig sie auch durch ihr hohes Alterthum seyn mögen, sie sind stumm und unvermögend, uns über die Verhältnisse der Temperatur der Erde zu jener Zeit aufzuklären. Eines der interessantesten dieser Denkmäler der Vorzeit ist der Tempel zu Denderah (dem Tentyris der Alten) in Oberägypten, vorzüglich wegen des grofsen *Thierkreises*, der in seinem Innern angebracht war und der nun, wie bekannt nach Paris gekommen ist. Aber weit entfernt, uns über die hier aufgestellten Fragen Aufschlufs zu geben, ist er nicht einmal geeignet, uns über das Alter jenes Tempels zu belehren, obschon man ihn anfangs ganz geeignet zu dieser Belehrung gehalten hatte. Alles kommt nämlich bei dieser Altersbestimmung des Monuments darauf an, in welchem der zwölf Zeichen des Thierkreises zur Zeit der Erbauung des Tempels der Frühlings- oder der Solstitialpunct der Sonnenbahn gefallen ist. Allein wie soll man dieses mit Bestimmtheit aus einem Kreise finden, dessen einzelne Theile keine auf jene beiden Puncte sich beziehende Bezeichnung haben? Und wenn eine solche Bezeichnung noch gefunden werden sollte, wer steht uns dafür, dafs die ägyptischen Priester, deren Lust mit einem hohen Alterthume zu prahlen uns aus dem Herodot bekannt ist, durch dieses Monument wirklich die Zeit der Erbauung des Tempels und nicht absichtlich eine viel frühere vielleicht eine ganz imaginäre Epoche angeben wollten? Man erblickte nämlich beim Eintritte in diesen Tempel, über dem Thore desselben, das Sternbild des Löwen und zog daraus sofort den Schlufs, dafs zur Zeit der Errichtung dieses Tempels die Sonne im Anfang des Jahrs in diesem Zeichen des Löwen gestanden haben müsse. Das *Ruraljahr* der alten Aegyptier fing aber mit dem Sommersolstitium an, zu welcher Zeit nämlich der Nil auszutreten pflegt. Nimmt man also aus Mangel an nähern Nachrichten die Mitte des Löwen für denjenigen Punct an, in welchem die Sonne im Anfang des Jahres stand, so war das Solstitium zu jener Zeit volle

ıde östlicher als in unsern Tagen; da aber die Präcession Nachtgleichen in einem Jahrhundert 1,3947 Grade beträgt, würde aus dieser Voraussetzung das Alter jenes Tempels ı

$$\frac{60}{0,01395} \text{ oder } 4300 \text{ Jahren}$$

en, so dafs derselbe gegen das Jahr 2470 vor Chr. G. erbaut den wäre. Würde man aber den Anfang oder das Ende dieSternbildes für den entscheidenden Punct nehmen, so de das Alter des Tempels $\frac{15}{0,01395} = 1075$ Jahre gröfser r kleiner werden. Biot, der sich mit diesem Gegenstande fältig beschäftigte, wollte mit grofser Sicherheit gefunden ın, dafs die Errichtung dieses Tempels in das Jahr 700 Chr. G., also in die Zeit der Erbauung Roms fällt. Anı fanden andere, oft um viele Jahrhunderte verschiedene ke und das Ende aller dieser Untersuchungen ist, dafs das Alter jenes Gebäudes nicht angeben können. Nicht er geht es mit dem berühmten Tempel zu *Latopolis*, welcher älteste jener ägyptischen Gebäude seyn soll und dessen Erıng Fourier durch seine, ebenfalls auf unverläfsliche Hyesen gestützten Rechnungen in das Jahr 2500 vor Chr. G. t. Allein früher schon fand Dupuis[1] für gut, ihn um e 12500 Jahre älter anzunehmen und seine Erbauung auf l. 15000 vor Chr. G. zu setzen. Da er aber später das ässige dieses Resultats selbst einsah, so beliebte er seine ngliche *Hypothese* dahin abzuändern, dafs in diesem Thierse nicht sowohl der Ort der Sonne zur Zeit der Solstitien, vielmehr der ihr gegenüberstehende Punct der Ekliptik anigt werden sollte. Durch diese kleine Aenderung wurde gesuchte Alter des Tempels um eine halbe Revolution der uinoctien oder um 13000 Jahre vermindert, so dafs also die Erbauung des Tempels zu Latopolis auf das Jahr) v. Chr. G. oder auf die Zeit von Nimrod und Abraham ckgebracht wurde. Allein auch diese um volle 130 Jahrlerte reducirte Berechnung sollte vor den Nachfolgern des tis keine Gnade finden und Champollion, so wie Letrondie den Thierkreis dieses Tempels auf eine ganz andere

[1] Origine des Cultes. T. III.

und mehr kritische Weise untersuchten, kamen durch die griechischen Aufschriften, die in jenen Tempeln gefunden wurden, zu dem von allen vorhergehenden sehr abweichenden Resultate, dafs dieser Tempel erst zur Zeit des Kaisers Trajan (117 J. nach Chr. G.) erbaut worden sey. Die grofse Verschiedenheit dieser Altersbestimmungen erregt den Verdacht, dafs alle jene Denkmäler wohl nicht der Art sind, um aus ihnen die Zeit ihrer Entstehung auch nur mit einiger Sicherheit abzuleiten, und dafs die meisten der über sie oft mit vieler Emphase aufgestellten Behauptungen auf blofse Meinungen und Ansichten gebaut sind, welche, bei dem Mangel aller andern Hülfsmittel, weder eines strengen Beweises, noch auch einer eigentlichen Widerlegung fähig sind. Wenn uns aber diese Denkmäler der Vorzeit nicht einmal über ihr Alter aufklären können, so werden wir noch viel weniger von ihnen genügende Aufschlüsse über die Temperatur erwarten dürfen, die zur Zeit ihrer Entstehung auf der Oberfläche der Erde geherrscht haben mag, und es bleibt uns daher nichts übrig, als zuzusehn, ob wir in den uns hinterlassenen Schriften der Alten nicht einige Belehrung über diesen Gegenstand schöpfen können.

E. Historischer Beweis, dafs die Temperatur der Erdoberfläche seit den uns bekannten ältesten Zeiten sehr nahe dieselbe geblieben ist.

Wir haben oben gesehn, dafs die grofse Hitze, welche jetzt noch im Mittelpuncte der Erde statt haben mag, auf die Oberfläche derselben schon seit sehr langer Zeit keine merkliche Einwirkung mehr haben kann. Diese wichtige Kenntnifs verdanken wir dem schon oft erwähnten Fourier, der sie zuerst nicht blofs aufgestellt, sondern durch Rechnung bewiesen hat. Vor ihm dachten die berühmtesten Naturforscher ganz anders über diesen Gegenstand, Mairan, Buffon, Bailly u. A. gaben die Wärme, die jährlich aus dem Innern der Erde bis zur Oberfläche derselben vordringt, für Mitteleuropa im Sommer 29mal und im Winter 400mal größer an, als diejenige, welche die Erdoberfläche von dem

baren Einflusse der Sonne erhält. Nach diesen Physikern
alt daher die Sonne in Beziehung auf die Erwärmung der
erfläche der Erde nur eine sehr kleine Rolle gegenüber dem
ſsen Feuerherde, der im Mittelpuncte der Erde aufgestellt
Diese Idee wurde mit allgemeinem Beifall aufgenommen
l nach allen Seiten mit einer Art von Pomp entwickelt.
Denkschriften der Akademie von Paris aus jener Zeit sind
ll von diesen Entwickelungen und selbst eigene gröſsere
erke suchten den Triumph der neuen Hypothese zu ver-
bren, wie z. B. die bekannten *Epoques de la nature* von
FFON, die *Lettres de* BAILLY à VOLTAIRE über den Ur-
ung der Wissenschaften, über die Atlantis und das hoch-
ehrte Urvolk in der Mitte Asiens, aus welchem alle Cultur
l Wissenschaft ausgeströmt seyn soll. Allein die Rechnun-
FOURIER's machten dem Roman und allen seinen Luft-
llössern ein schnelles Ende. FOURIER bewies auf eine
cht weiter zu bezweifelnde Art, daſs die Wärme, welche
Erdoberfläche von der Einwirkung der Sonne erhält, durch
Wirkung jenes Centralfeuers der Erde höchstens um den
ißsigsten Theil eines Grades nach R. erhöht werden könne,
s also, im geraden Widerspruche mit seinen Vorgängern,
Einfluſs jenes Centralfeuers gegen den Einfluſs der Sonne
die Temperatur der Erdoberfläche ein ganz unmerklicher
d völlig verschwindender genannt werden muſs. Diese
erfläche, die im Anfange aller Dinge wahrscheinlich im
stande der Glühhitze gewesen ist, hat sich daher im Laufe
eler Jahrtausende so weit abgekühlt, daſs sich keine weitere
rkbare Spur ihrer ehemaligen hohen Temperatur erhalten hat
d daſs sie jetzt ganz kalt seyn, oder vielmehr, daſs sie jetzt
Temperatur der Weltraums haben müſste, wenn sie nicht
en immer neuen Wärmezufluſs von der Sonne erhielte. Jene
ſse Hitze, die der Oberfläche der Erde auch noch in un-
en Tagen vom Mittelpuncte derselben zugeschickt werden
lte, war also nur ein Traum, so wie die fürchterliche Er-
rrung der Erde, die nach BUFFON's Prophezeiung eintre-
muſs, wenn einmal jenes Centralfeuer erloschen seyn wird,
bloſser Roman gewesen ist, und beide

— — *like the baseless fabric of a vision*
Leave not a wrak behind.

SHAKESP.

Wie dieses Centralfeuer, ebenso kann auch die Temp[illegible]
des Weltraums keinen bedeutenden Einfluss auf die Ober[illegible]
der Erde äussern. Denn welchen Zweifel man auch über [illegible]
Grad dieser Temperatur, wie ihn Fourier angiebt, [illegible]
mag, so darf doch die Beständigkeit dieser Temperatur [illegible]
Weltraums nicht weiter bezweifelt werden, wenn sie [illegible]
wie sich Alles zu dieser Annahme vereinigt, ihren Grund [illegible]
der Wärmestrahlung der sämmtlichen Gestirne des Welt[illegible]
hat.

Nachdem so jenes Centralfeuer und die Temperatur [illegible]
Weltraums von aller Einwirkung auf die Oberfläche der [illegible]
ausgeschlossen ist, so bleibt, so lange die leuchtende und [illegible]
mende Kraft der Sonne keine Aenderung erleidet, nichts [illegible]
übrig, als locale Veränderungen der Erdoberfläche [illegible]
denen sich etwa eine Ab- oder Zunahme in der Temp[illegible]
dieser Oberfläche erklären liesse. Wenn grosse Strecken [illegible]
wilden Zustande entrissen und der Cultur, dem [illegible]
wieder gegeben, wenn dichte Wälder gelichtet und [illegible]
breitete Sümpfe ausgetrocknet werden u. s. w., so [illegible]
durch das Klima und die Temperatur der Gegend [illegible]
gemildert werden. Wenn wir daher von der grossen [illegible]
lesen, die in Deutschlands finstern Wäldern zur Zeit des [illegible]
nerva geherrscht haben soll, und wenn wir diese Kälte [illegible]
ihrer Hauptursache, sammt jenen Wäldern, nicht [illegible]
den, so werden wir daraus wohl auf eine Milderung [illegible]
Klima's in Deutschland, aber nicht auf eine Erhöhung [illegible]
Temperatur der ganzen Erdfläche schliessen dürfen. [illegible]
diese localen Veränderungen eines Klima's müssen da[illegible]
wie die Einwirkung jenes Centralfeuers, ausgeschlossen w[illegible]
wenn wir aus historischen Nachrichten über die Abnahme [illegible]
Temperatur der ganzen Erdfläche uns aufzuklären suchen. [illegible]
es aber ein solches Land, in welchem seit den ältesten [illegible]
keine solchen localen Veränderungen von Bedeutung [illegible]
gen sind, giebt es ein Land, dessen physischer Zustand [illegible]
zutage uns noch im Allgemeinen denselben Anblick [illegible]
wie vor drei oder vier Jahrtausenden, und haben wir [illegible]
lässliche Nachrichten über die Temperatur, die in jenem L[illegible]
vor dieser langen Zeit geherrscht hat?

Palästina ist dieses Land und die Nachrichten, di[illegible]
nauen schriftlichen Nachrichten, die wir aus der [illegible]

peratur dieses Landes haben, sind über dreitausend Jahre
Wir schöpfen diese Nachrichten aus dem ältesten aller auf
ekommenen Bücher, aus den Schriften des Moses, der
stens 1500 Jahre vor Chr. G. gelebt hat. Welche Nach-
n enthalten aber die fünf Bücher Moses über die Tem-
r des jüdischen Landes zu seiner Zeit? Thermometri-
Beobachtungen allerdings nicht, da dieses Instrument in
Zeiten noch ganz unbekannt war, aber doch andere
richten, aus denen sich, wie wir bald sehn werden, die
peratur jenes Landes vor 3300 Jahren mit einer Sicher-
schliefsen läfst, die uns kaum über einen Grad unseres
n Thermometers in Zweifel lassen wird. Und dieses ist
dings viel mehr, als wir bei Untersuchungen solcher Art
h mit Bescheidenheit verlangen können.

Bemerken wir zuerst, dafs, nach ganz sichern und über-
timmenden Beobachtungen aller neuern Reisenden, die Cul-
der Weinberge in allen den südlichen Gegenden aufhört,
n mittlere Jahrestemperatur + 18° R. ist, und dafs eben-
die Cultur der Dattelbäume im Grofsen in den südlichen
enden anfängt, deren mittlere Temperatur + 17° R. ist,
dafs man demnach + 17½° R. für die mittlere Temperatur
t der Länder annehmen kann, wo der Bau der Datteln
ngt und wo der Weinbau aufhört. Zwar kann man etwas
icher von diesen Ländern noch einzelne Weinstöcke und
s nördlicher davon noch Palmbäume finden, aber jene
instöcke, etwa zur Lust oder der Seltenheit wegen in Gär-
gezogen, bilden noch keinen Weinbau, so wie man wohl
in Palermo und Catanea in Sicilien bei einer Tempera-
von 15° R. einzelne Palmbäume trifft, deren Früchte aber
selten reif werden und auch dann noch nicht geniefsbar
Wie verhielt sich nun der Bau dieser beiden Pflanzen-
in Palästina vor 3300 Jahren? Die Bücher Moses ge-
uns darüber sehr genaue Nachrichten und die Schriften
Griechen und Römer ermangeln nicht, sie auf das beste
estätigen. Die Stadt Jericho wird in den Büchern des
Bundes die *Palmenstadt* genannt. Diese Schriften spre-
von den Palmwäldern Debora's, das zwischen Rama und
el lag, und von denen, die sich längs dem Jordan hin-
n. Die Juden afsen die Datteln und bereiteten sie als ge-
nete Früchte für ihren Tisch; sie zogen auch eine Art

Honig und selbst geistige Getränke aus diesen Früchten. Die alten hebräischen Münzen zeigen uns noch Palmbäume, die voll von Datteln hängen. Auch Plinius, Theophrast, Tacitus, Josephus, Strabo u. A. gedenken der Palmwälder Palästina's. Diese Bäume müssen daher in Judäa sehr häufig gewesen seyn. Ganz dasselbe gilt auch vom Weinstocke. Die Juden cultivirten diese Pflanze, und zwar nicht bloſs, um gelegentlich eine Traube zu essen, sondern um aus ihren eigentlichen Weinbergen ihren Wein zu bereiten. Wer erinnert sich hier nicht jener groſsen Traube, welche die von Moses abgesandten Männer aus dem Lande Kanaan holten, und die so schwer war, daſs sie nur von zwei Menschen an einer Stange getragen werden konnte? In mehr als zwanzig Stellen des alten Testamentes wird der Weinberge Palästina's Erwähnung gethan. Das *Tabernakelfest* folgte unmittelbar auf die *Weinlese*. Auch Strabo und Diodor von Sicilien gedenken der Weine Judäa's mit vielem Lobe und die Traube wird, so wie der Palmbaum, sehr oft auf den hebräischen Münzen als das Symbol ihres vom Himmel mit so edlen Früchten gesegneten Landes gefunden. Palästina war daher in jener so viele Jahrhunderte von uns entfernten Zeit eines derjenigen Länder, in welchen die Dattelpalme anfing und in welchen der Weinstock aufhörte, im Groſsen cultivirt zu werden. Denn nördlich von diesem Lande am Libanon und in Sibirien trifft man keine Palmwälder und südlich in Arabien keine Weingärten mehr. Mit andern Worten: die mittlere Temperatur Palästina's vor 3300 Jahren war sehr nahe + 17½ Grad R. Seitdem ist dieses Land weder durch Ausrottung weit verbreiteter Wälder, noch durch Austrocknung von Sümpfen, noch durch andere Ereignisse, so viel uns bekannt, in seiner physischen Beschaffenheit bedeutend verändert worden. Und welches ist jetzt in unseren Tagen die mittlere Temperatur dieser Gegenden? Leider fehlen uns directe thermometrische Beobachtungen der neuern Zeit aus jenem Lande. Aber wir können sie glücklicherweise durch andere Beobachtungen aus dem benachbarten Aegypten ersetzen.

Die mittlere Temperatur Cairo's ist 17,6 R. Jerusalem liegt 1,6 Grad nördlicher als Cairo. Ein Grad Breite giebt in jenen Gegenden 0,25 Grad Aenderung des Thermometers, also ist die mittlere Temperatur Jerusalems 0°,4 unter der von

airo oder die Temperatur Jerusalems ist 17°,2. Oben fanm wir dafür 17°,5. *Die mittlere Temperatur Judäa's hat ch demnach seit 3300 Jahren nicht merklich geändert.*

Damit stimmen auch andere Beobachtungen sehr gut übern. Die Cultur des Getreides z. B., die in Palästina zu jer Zeit sehr im Betriebe war, läfst auf eine Temperatur n nicht mehr als 19 bis 20° R. schliefsen. Die daselbst so ufigen Oelbäume zeigen, dafs diese Temperatur wenigstens cht unter 17 bis 18° seyn konnte. Das Mittel aus beiden t 18½, nur einen Grad höher als zuvor. Die Juden feierten r Tabernakelfest oder ihre Weinlese im October und auch utzutage noch wird in diesem Lande die Weinlese am Ende ptembers oder im Anfange des October gehalten. Die Geideernte wurde zu Mosis Zeit von der Mitte Aprils bis zu de Mais gehalten. Neuere Reisende haben im südlichen heile Palästina's die Gerste um die Mitte Aprils reifen gehn. Nahe bei Acre war sie sogar schon am 13ten Mai zur nte geschickt, und in Aegypten, wo die Temperatur etwas her ist, schneidet man jetzt noch das Getreide am Ende rils. Alles vereinigt sich daher zu der Behauptung, dafs in r langen Folge von 33 Jahrhunderten die Temperatur Paläna's sich nicht merklich geändert haben könne. Da sich aber physische Beschaffenheit dieses Landes seit dieser Zeit enfalls nicht geändert hat, da ferner, wenn von der Temratur der Oberfläche der Erde die Rede ist, nach dem Vorrgehenden alle Einwirkung des Centralfeuers oder der Temratur des Weltraums von selbst wegfällt, so kann sich auch einzige noch übrig bleibende Ursache, die eine Tempera-Veränderung der Erdoberfläche hervorbringen könnte, so n sich auch die leuchtende und erwärmende Kraft der ne in dieser Zeit nicht geändert haben.

Die Leser werden die Hinzufügung dieses letzten Schlusvon der unveränderten Wirkung der Sonne nicht für übersig halten, wenn sie bedenken, dafs wir schon mehrere sterne, und das heifst doch wohl mehrere Sonnen, am nmel kennen gelernt haben, deren Licht allmälig schwächer vorden und endlich ganz erloschen ist. Dafs dieses von Fixstern unseres Planetensystems nicht zu befürchten ist, wenigstens in den letzten 3300 Jahren keine Abnahme er erwärmenden Kraft bemerkt werden konnte, dafür giebt

uns das Vorstehende eine Versicherung, die wenigstens ebenso gewifs ist als die, welche wir für das Nichtwiederkommen einer allgemeinen Ueberschwemmung aus demselben alten Buche erhalten haben [1].

Es wurde bereits angeführt, dafs das Thermometer erst zu Ende des 16. Jahrhunderts erfunden worden ist und dafs man daher ältere Beobachtungen als die vor 240 Jahren angestellten nicht anführen kann. Allein auch diejenigen, welche man in den ersten 70 bis 80 Jahren dieser Periode angestellt hat, sind verloren gegangen. Glücklicherweise aber wurden mehrere derselben vor einigen Jahren wieder aufgefunden, und durch sie sind wir in den Stand gesetzt, die Temperatur zweier wenigstens zwei Jahrhunderte von einander entfernten Epochen genau zu bestimmen. Gleich nach der Erfindung des Thermometers in Florenz liefs die Akademie del Cimento eine große Menge dieser nützlichen Instrumente verfertigen und in den verschiedenen Städten Italiens vertheilen; zugleich forderte Ferdinand II., Grofsherzog von Toscana, die Klöster seines Landes auf, an den neuen Beobachtungen eifrig Theil zu nehmen. Auf diese Weise hatte man in wenigen Jahren eine große Anzahl von thermometrischen Beobachtungen in Florenz zusammengebracht, die aber alle wieder zu der Zeit zerstreut wurden und verloren gingen, als Leopold von Medicis, der einen Cardinalshut wünschte, dem römischen Hofe seine Academia del Cimento zum Opfer bringen mufste. Einige wenige Bände dieser Beobachtungen wurden jedoch später durch einen wunderbaren Zufall wieder aufgefunden, nämlich die Beobachtungen des Pater Rainerr aus dem Kloster des Angeli in Florenz; allein man sah bald, dafs sie ganz unbrauchbar waren. Die Thermometer jener frühern Zeit hatten nämlich keine fixen Puncte. Weder der Gefrier- noch der Siedepunct des Wassers war darauf angegeben, und sonach waren diese Beob-

1 Aehnliche Untersuchungen hat Arago, von dem wir das Vorhergehende entlehnten, auch für andere Gegenden Europa's und Asiens ausgeführt. M. s. darüber sein Mémoire in dem Annuaire pour l'an 1834. p. 209 u. s. w. Ueberall, wo keine localen Einwirkungen auf den Boden statt gehabt haben, kommt er zu dem Resultate, daß die Winter der Vorzeit keineswegs strenger gewesen sind, als zu unserer Zeit.

ıtungen, von denen man sich anfangs so viel versprochen
te, mit denen unserer neuern Thermometer nicht weiter zu
gleichen. So blieb die Sache bis zum Jahre 1828, wo man
Florenz eine Kiste entdeckte, die unter mehrern alten In-
ımenten auch mehrere Thermometer der Akademie del Ci-
nto enthielt, die sämmtlich in 50 gleiche Theile getheilt
ren. Wilhelm Libri, dem diese Thermometer zur Unter-
hung übergeben wurden, und sie konnten nicht leicht in
sere Hände kommen, überzeugte sich zuerst von ihrem ein-
nmigen Gange und suchte dann, durch eine sehr grofse
zahl von Beobachtungen, die er an diesen alten Instru-
nten anstellte und mit den neuern Thermometern verglich,
Verhältnifs beider Arten von Instrumenten unter einander
bestimmen. Er fand z. B., dafs

ler Punct 0 des alten mit — 15° des achtzigtheil. Therm.
13½ - - - 0
50 - - - 44

ereinstimme. Dadurch war Libri in den Stand gesetzt, die
dem erwähnten Manuscripte enthaltenen sechszehnjährigen
obachtungen Raineri's mit denjenigen Beobachtungen zu
gleichen, die in den letzten Jahren auf der Sternwarte zu
renz angestellt wurden. Aus dieser Vergleichung zieht
ago das Resultat, dafs die Winter seit der Mitte des 17ten
rhunderts in Toscana wärmer und die Sommer im Gegen-
ile kühler geworden sind. Diese Aenderung der Tempe-
ur der beiden Jahreszeiten ist allerdings nicht sehr bedeu-
d, kann aber doch von der Abholzung der Apenninen kom-
n, die damals ganz bewaldet waren und jetzt gröfstentheils
kt sind. Doch ist Arago seines Resultats noch nicht ganz
wifs, da Libri nur die Maxima und Minima der Tempera-
eines jeden Monats gesucht hat, statt der sogenannten *mitt-
m Temperaturen*, auf die es hier eigentlich ankommt. Ein
liches Resultat findet Arago[1] für die meisten Gegenden
nkreichs. Auch hier nämlich scheinen die Sommer vor
hrern Jahrhunderten bedeutend wärmer gewesen zu seyn,
in unsern Tagen. Mehrere altadelige Familien in Viva-
s zeigen noch Wirthschaftsbücher aus der Mitte des 16ten
rhunderts vor, in welchen von ergiebigen Weinbergen in

1 A. a. O. p. 229.

einer Höhe von 300 Toisen über dem Meere gesprochen wird. Gegenwärtig reift in dieser Gegend, selbst an den bestgeschützten Orten, auch nicht eine Traube, außer an den tief liegenden Orten. Aus der Geschichte lernen wir, daſs die Hugenotten, als sie sich im J. 1552 nach der Stadt Mans (Breite 46° 18′) zurückzogen, sich daselbst den Muscatwein dieses Landes wohl schmecken lieſsen. Jetzt findet man daselbst kaum so viele Muscattrauben, um davon einen Eimer Wein zu erzeugen. Kaiser JULIAN lieſs sich während seines Aufenthalts in Gallien den Wein von Surene täglich auf die Tafel setzen. Dieser Wein steht noch jetzt im Rufe, aber in einem sehr üblen, da *vin de Surene* so viel als Krätzer heiſst, ein Sprichwort, das jeder Franzose sehr wohl kennt. Der König PHILIPP AUGUST wollte die gesammten europäischen Weine kosten, um daraus den besten für seine Tafel auszuwählen. Unter andern setzte man ihm auch den Wein von Etampes (Br. 48° 25′) und von Beauvais (Br. 49° 26′) zur Probe vor. Sie wurden zwar beide verworfen, aber wie hätte man ihm einen solchen Wein zum Concurse vorschlagen können, wenn er so elend gewesen wäre, wie heutzutage die Weine aus dem Departement de l'Oise sind, ein Departement, das jetzt als die äuſserste Nordgrenze des französischen Weinbaus betrachtet wird. Aehnliches scheint auch für England zu gelten. Der Kaiser PROBUS forderte die Gallier und Spanier zum Weinbau auf und lieſs ihnen Weinstöcke aus Italien zuführen. Dieselbe Gunst geruhte er später auch auf England auszudehnen. Diese Gunst würde aber nur Spott gewesen seyn, wenn die Sommer in England damals nicht wärmer als jetzt gewesen, wenn der Weinbau in England damals im Groſsen ebenso unmöglich gewesen wäre, als heutzutage. In der That sehn wir aus mehrern alten Chroniken, daſs vormals in einem groſsen Theile Englands die Weinberge das Land bedeckten, während man jetzt nur in Gärten und unter den vortheilhaftesten Umständen die Traube zur Reife bringen kann.

Wenn sich so diese und viele andere Angaben dahin vereinigen, daſs die Sommer der Vorzeit in vielen Gegenden Europa's wärmer gewesen sind, als heutzutage, welches ist die Ursache dieser auffallenden und beunruhigenden Erscheinung? In der Sonne ist sie nicht zu suchen, wie wir oben aus der Beständigkeit des Klima's in Palästina gesehn haben. Eine

rsiker wollen sie in dem Polareise finden, das sich seit-
i losgemacht hat und weiter südwärts geschwommen ist,
es sich angehäuft befindet. Es ist gewifs, dafs die Ost-
te Grönlands gegen das Ende des 10ten Jahrhunderts, wo
von einem isländischen Schiffer entdeckt wurde, vom Eise
war, dafs die Norweger sich auf dieser Küste niederge-
en haben, dafs ihre Colonie daselbst noch im J. 1120 im
enden Zustande war und mit Norwegen und Island einen
ichtlichen Handel trieb. Auch ist bekannt, dafs der Bi-
of Andrew, der 17te Vorsteher jener grönländischen Kir-
, als er im J. 1408 von seinem Stuhle Besitz nehmen
te, das Ufer der Insel nicht erreichen konnte, weil es
um von Eisfeldern besetzt war. Dieser Zustand scheint
zum Jahr 1813 oder 1814 gedauert zu haben, wo sich
e Eisfelder zufällig öffneten und die Ostküste des Landes
ler gänzlich frei machten. Diese Eisfelder also, die sich
dem 12ten Jahrhundert vom Pole bis zum Polarkreise, bis
i Lappland ausgedehnt hatten, sollen nach jenen Physikern
Ursache der Abkühlung unserer Sommer in den letzten
hunderten gewesen seyn. Allein wenn jene weite Eis-
e, die vom Pol bis an die nördlichsten Küsten von Nor-
n und Sibirien reichte, seit dem Jahre 1400 bis gegen
ununterbrochen existirt haben soll, wie kann man die
erwähnten wärmeren Sommer in Frankreich, die noch 150
e nach der Bildung jenes Eisfeldes bestanden, erklären?
t wie ging es zu, dafs die plötzliche Auflösung dieses
ldes im J. 1814 seit vollen 24 Jahren bei uns weder
en Geschäften des Ackerbaus, noch selbst in dem mittlern
le unserer Thermometer auch nur die geringste merkbare
lerung hervorgebracht hat? Jene Erklärung unserer küh-
Sommer ist also offenbar nicht die wahre und wir müssen
t eine andere suchen.

Arago ist weit entfernt, den wahren Grund jener Er-
nung bei den Polen unserer Erde zu suchen, und er
t vielmehr, denselben ganz in der Nähe gefunden zu ha-
nämlich in dem Zustande des Bodens der genannten Län-
'or drei und mehr Jahrhunderten, verglichen mit dem ge-
ärtigen Zustande desselben.

Das alte Frankreich z. B. war in jener früheren Zeit bei-
ganz mit dichten Waldungen bedeckt, mit Seen, Teichen

und grofsen Morästen, mit grofsen unbebauten Steppen-
Flächen, und überdiefs von Flüssen nach allen Richt-
durchschnitten, die ohne Damm und künstliches Ufer be-
dem höhern Wasserstande austraten und die Gegenden
umher überschwemmten. Seitdem sind jene Waldungen
gehauen oder doch nur gar zu sehr gelichtet worden, die
henden Gewässer und Sümpfe sind verschwunden, die
Steppenebenen sind in Aecker, Wiesen und Weing-
verwandelt, mit einem Worte, der Boden Frankreichs
an der Cultur seiner Bewohner auch seinen guten Th-
nommen und ist dadurch ein ganz anderer geworden,
vor vier und mehr Jahrhunderten war. Sollte die U-
jener Veränderung des Klima's dieses Landes nicht in
Veränderung des Bodens liegen können? Diese Aend-
beider Art sind allerdings nur sehr langsam und all-
sich gegangen und uns daher weniger aufgefallen;
kennen ein anderes Land, wo jene Veränderung des
viel rascher fortgeschritten ist und wo daher auch
änderung des Klima's, wenn anders unsere Ansicht
ebenso schnell, ebenso bemerkbar gewesen seyn
Land ist Nordamerica. Wie man in der kleinen W-
Jupiter mit seinen vier Monden um sich führt, in
yen schon alle die Phänomene sich entwickeln sieht,
faltung in dem so viel gröfsern Sonnensysteme Ja-
Jahrtausende erfordert, so zeigt auch dieses Land
funfzig Jahren einen Aufschwung, der in den L-
alten Continents kaum in ebenso vielen Jahrhunderten
werden konnte. Unter unseren Augen, ohne auf die
unserer Vorgänger zu warten, entwickelt sich eine
nahme der Bevölkerung, des Reichthums und der C-
Bewohner sowohl, als auch des Bodens, auf dem
Ungeheuere Waldungen sind abgetragen oder gelichtet
weitverbreitete Seeen haben einen Abzug durch Canäle
die gleich einem Netze das ganze Land nach allen Richt-
bedecken, Moräste sind ausgetrocknet, Flüsse eingedämmt
grofse Strecken von mehreren Hunderten von Quadr-
früher Steppen und Wüsten, sind in bebautes Land
schaffen worden. Und wie hat sich bei allen diesen
und raschen Aenderungen des Bodens das Klima dieses
des verhalten? In den Provinzen der vereinigten

allgemein angenommen, ist es schon in den Volksglau-
bergegangen, dafs die Winter der neueren Zeit milder und
ımmer kühler seyen als vor funfzig Jahren, kurz dafs die
me der Temperatur im Januar und Julius nicht mehr so
von einander verschieden sind, als sie es vor einem hal-
ahrhundert waren. Dieselben Veränderungen des Klima's
wir, aber nur langsamer, nach dem Vorhergehenden in
ıa überall bemerkt, wo eine ähnliche Veränderung des Bo-
vorgegangen ist. Sollen wir hier nicht auch densel-
Zusammenhang zwischen diesen beiden Erscheinungen an-
nen, der sich uns dort, wo die Entwickelung der Folge
ırer Ursache rascher vor sich geht, gleichsam von selbst
ngt? Die Americaner haben auch eine nicht minder
und merkwürdige Aenderung in der Richtung der Win-
merkt, die an ihren Küsten statt haben. Ehemals schie-
lie Westwinde viel mehr vorzuherrschen, als in der neuern
wo die Ostwinde immer häufiger werden und auch tie-
n das Festland eindringen. Dieses Uebergewicht der
winde auf dem atlantischen Meere ist übrigens noch so
, dafs, im Mittel aus Erfahrungen von den sechs letzten
n, die Paketboote, die von Liverpool nach Neu-York
ı, zu ihrer Ueberfahrt volle 40 Tage gebrauchen, da sie
jenen Westwind steuern müssen, während ihre Zu-
hrt von America nach England auf demselben Wege nur
age dauert. Die Verminderung der Wälder und Sümpfe
die Urbarmachung des Bodens macht daher die Winter
er und die Sommer kühler, also das *Klima im allgemei-*
nilder, aber nicht eben die *mittlere Temperatur* des Lan-
öher. Denn die jetzt gröfsere Wärme des Winters
e leicht durch die ebenso gröfsere Kühle des Sommers
r ausgeglichen werden, wodurch daher die mittlere
eratur selbst keine Aenderung erleiden würde[1].

Vergl. Art. *Geologie.* Bd. V. S. 1334.

F. Extreme der Temperatur auf der Erdoberfläche.

Da in sehr heifsen und noch mehr in sehr kalten Lä…
dern angestellte, lange fortgesetzte und genaue thermometri…
Beobachtungen bisher noch selten sind, so wissen wir we…
über den höchsten und tiefsten Stand der Thermometer an…
geben, den dieses Instrument in den verschiedenen Gegen…
der Erde zeigen mag, wo die Temperatur ihre beiden Ex…
treme erreicht. Arago hat[1] das Vorzüglichste, was wir üb…
diesen Gegenstand besitzen, zusammengestellt. Wir wo…
hier das Merkwürdigste kurz anführen.

Die Beobachtungen, die Gmelin durch eine längere Z…
in Sibirien über die Temperatur dieses Landes angestellt h…
sind leider nicht sehr brauchbar, da er, wie jetzt ausgem…
ist, nicht bemerkt hatte, dafs das Quecksilber seines Th…
mometers bereits gefroren war, während er immerfort d…
Kälte auf — 31°,5 R., bei welcher bekanntlich dieses Me…
gefriert, zu beobachten glaubte. Die übrigen älteren Beo…
achtungen, bei welchen man das Quecksilber mit Gewißh…
frieren sah, sind, wenn wir bei dem letztvergangenen Ja…
hundert stehen bleiben, folgende.

Beobachter	Zeit	Orte	Länge von Ferro	Breite nördl.
Delisle	1736	Jakuzk	150° östl.	62°
Hellant	1760 Jan.	Sombio	78 —	59
Pallas	1771 Dec.	Krasnojarsk	111 —	56¼
— —	1772 Dec.	Irkuzk	122 —	52
Hutchins	häufig 1774	Hudsonsbai	75 westl.	58
Elterlein	1780 Jan.	Witegorsk	54 östl.	61
Törnstein	1782 Jan.	Schweden	7 westl.	63¼

Allein viel niedrigere Temperaturen und viel genauere M…
sungen derselben verdanken wir den beiden neuesten Ex…

1 In verschiedenen Jahrgängen des Annuaire. Ueber die in …
sem und den beiden folgenden Abschnitten abgehandelten Pro…
vergl. oben Art. *Temperatur* und Art. *Meer*. in Bd. VI.

Capitäne Franklin und Parry in die Nordpolargegenden. ary beobachtete z. B. auf der Melville-Insel (Länge 93° tl., und Breite 75° nördl.) folgende Stände des Thermoers nach R.

	Höchster Stand	Niedrigster Stand	Mittlerer Stand
September 1819	+2°,4	— 14°,7	— 4°,3
October	— 6,4	— 26,7	— 15,9
November	—11,6	— 35,8	— 23,4
December	—11,6	— 34,4	— 24,1
Januar 1820	—15,8	— 35,3	— 27,7
Februar	—21,8	— 36,6	— 28,6
März	—11,6	— 32,0	— 22,4
April	0,0	— 28,5	— 18,0
Mai	+ 6,7	— 16,0	— 6,9
Juni	+ 8,6	— 1,8	+ 2,0
Juli	+12,6	0,0	+ 4,8
August	+ 5,8	— 4,5	+ 0,3

us folgt für die Melville-Insel die mittlere jährliche Temur gleich — 13°,6. Allein Parry hatte sehr oft zu been Gelegenheit, dafs die Nachbarschaft seiner beiden Schiffe seine Thermometer um fast einen Grad erhöhte, so dafs daher für die mittlere jährliche Temperatur jener Insel 4°,6 R. annehmen kann. Diese Temperatur ist aber nahe gröfsten Kälte gleich, die man in Wien seit mehr als ei- Jahrhundert im Mittel beobachtet hat. In der Entfer- ; von allen Gebäuden sah Parry sein Thermometer im uar des Jahrs 1819 auf jener Insel bis — 38° R. fallen. vorhergehende Tafel zeigt zugleich, dafs auf der Insel ille das Quecksilber durch volle fünf Monate, vom No- er bis März, gefrieren kann. Man sollte glauben, bei ei- solchen Kälte müfste der Ort ganz unbewohnt seyn. Men- 1 haben sie auch daselbst nicht getroffen, aber dafür de- nehr Thiere. Die Jäger der beiden Schiffe, Hecla und r, die Parry commandirte, schossen während ihres Auflts in Winter-Harbour 3 Moschusochsen, deren jeder 400 Pfund Fleisch gab, 24 Rennthiere, 68 Hasen, 53 e, 59 Enten und 144 Stück einer Art Rebhühner, die nmen 3766 Pfund Fleisch gaben. Uebrigens bemerkt ry, dafs ein mit Kleidern und Pelzen wohl bedeckter

Mensch in freier Luft bei einer Temperatur von —
noch immer ohne grofse Unbequemlichkeit mehrere S
verweilen kann, wenn er nicht still steht oder sitzt un
kein Wind weht. Sobald aber nur ein leises Lüftch
erhebt, fühlt man einen brennenden, stechenden Sch
Gesichte, dem bald ein eigener lästiger Kopfschmerz fo
es rathsam macht, eine mildere Temperatur und Sch
dem Winde aufzusuchen, um bei Zeiten bösen Fo
entgehen.

Die folgende Tafel giebt die thermometrischen B
tungen Parry's auf seiner zweiten Reise im Jahr 18
1823.

	Thermometerstand		
	Höchster	Niedrigster	Mittlerer
Juli 1821	8°,0	—1°,5	1°,7
August	7,3	— 1,8	2,2
September	4,6	— 5,5	— 0,5
October	0,2	—20,0	— 8,8
November	— 1,8	—23,3.	—10,9
December	—13,5	—27,3	—20,0
Januar 1822	—16,9	—31,0	—24,5
Februar	—16,0	—30,7	—25,4
März	— 8,5	—29,8	—19,4
April	— 1,5	—19,6	—11,9
Mai	6,4	—15,7	— 4,0
Juni	8,0	— 5,5	0,9
Juli	9,8	— 0,9	2,0
August	8,0	— 1,9	0,7
September	2,4	— 9,5	— 1,8
October	— 1,5	—18,4	— 8,7
November	—10,7	—28,6	—22,9
December	—18,7	—33,4	—18,6
Januar 1823	— 4,6	—34,4	—21,8
Februar	— 4,9	—33,4	—23,3
März	—12,6	—32,5	—23,1
April	0,0	—25,4	—15,1
Mai	7,9	—17,8	— 3,2
Juni	8,9	—10,7	0,2
Juli	12,0	— 0,9	3,6
August	10,3	— 3,6	2,6

ei ersten dieser Beobachtungen wurden in der Hudsons-
änge von Ferro 76° westl. und Breite 54 nördl.), die
folgenden in Winter-Island (Länge 65 westl., Breite
rdl.) im Norden der Hudsonsbai und die letzten elf auf
el Iglulik (Länge 64 westlich und Breite 69 nördl.) an-
. Diese Tafel giebt die mittlere jährliche Temperatur

Winter-Island . . — 10°,0 R.
Insel Iglulik . . . — 11,1

nter-Island fiel das Thermometer im Jahre 1822 nicht
n Frierpunct des Quecksilbers, in Iglulik aber gefror
Metall in den Monaten December, Januar und Februar,
ass man die Temperatur der Luft nur durch Weingeist-
mometer messen konnte. Dessenungeachtet sind die Um-
ngen der Insel Iglulik, selbst mitten im Winter, von zahl-
en Eskimo-Horden bevölkert. Sie wohnen da in Hüt-
die sie aus dem harten Schnee erbauen, der von ihnen
h dem Sandsteine zugehauen und bearbeitet wird. Ca-
Franklin, der in den Jahren 1819 bis 1821 ebenfalls
Reise an der Nordküste America's unternahm, hat fol-
e Tafel geliefert.

Thermometerstand

	Höchster	Tiefster	Mittlerer	Länge westlich von Ferro	Breite
Sept. 1819	12°,9	—0°,9	6°,7	76°	55°
October	10,4	— 5,8	2,3	82	54
November	5,8	—23,3	— 7,3	84	54
December	3,6	—28,0	—12,8	84	54
Januar 1820	— 9,8	—33,8	—20,1	84	54
Februar	— 5,5	—29,5	—14,7	84	54
März	9,8	—24,0	— 8,8	84	54
April	20,0	—20,0	1,5	84	54
Mai	23,3	— 5,5	8,0	84	54
Juni	24,5	4,6	12,1	87	54
Juli	23,3	6,7	13,7	94	60
August	20,5	0,4	10,8	94	60
September	9,5	— 7,3	0,8	95	64,5
October	2,4	—12,0	— 4,0	95	64,5
November	— 3,3	—28,0	—14,5	95	64,5
December	—11,6	—39,9	—27,9	95	64,5
Januar 1821	— 5,5	—36,0	—20,4	95	64,5
Februar	—13,8	—36,9	—27,1	95	64,5
März	— 3,6	—36,1	—19,3	95	64,5
April	3,6	—28,6	—12,1	95	64,5
Mai	16,0	—10,7	— 0,2	95	64,5

Die zweite bis zehnte Beobachtung sind in der Gegend Cumberland-House, die elfte und zwölfte zwischen dem F Chypewyan und dem Fort Providence und die neun letzten dem Fort Enterprise angestellt worden. Aus ihnen folgt mittlere jährliche Temperatur von

Cumberland-House . . . — 0°,8
Enterprise . . . . — 7,4

Dieses sind einige der neuesten verläſslichen Kältegrade, zu unserer Kenntniſs gekommen sind. Gehn wir nun zu Extremen der bisher beobachteten Wärmegrade über. Es wird selten die Behauptung aufgestellt, daſs die Temperatur der hern nördlichen Gegenden im höchsten Sommer ungewöhn groſs und selbst gröſser als in den Tropenländern sey. Man dafür die sehr langen Sommertage und die kurzen schw Nächte jener Gegenden angeführt. Bis zu einem gewissen tengrade, nahe 55°, ist auch die Sommerhitze einige Wo

indurch in der That sehr grofs, wenigstens ist dieses der
all im südlichen Sibirien, dessen mittlerer Theil ringsum
weit von allen Meeren absteht. Aber näher bei den Polen
ört diese Erscheinung auf. PARRY fand für die Breite von
0 Graden den höchsten Thermometerstand nur + 10 bis
+ 12 Grade. Am Aequator und zwischen den Wendekreisen
ger sieht man das Thermometer häufig bis über + 30° stei-
n und sich, was hier nicht übersehn werden darf, oft 6
s 8 Wochen in dieser Höhe erhalten, während es in den
rdlicheren Gegenden seinen höchsten Stand gewöhnlich nur
nige Tage beibehält und dann schnell wieder sinkt. Auch
t die mittlere Temperatur, und diese allein kann hier ent-
heiden, in den nördlichen Gegenden für die einzelnen Mo-
te des Jahrs gar sehr von der der Tropenländer verschieden.
ach PARRY war z. B. die mittlere Temperatur des Julius auf
r Melville-Insel im Jahre 1820 gleich + 4°,8, im Jahre 1819
er nur + 0°,9, während die mittlere Temperatur desselben
onats in Paris + 16° und in Wien + 19°,8 ist.

Hier folgt ein Verzeichnifs der vorzüglichsten höchsten
emperaturen, die man bisher im Schatten und in freier Luft
er der Erdoberfläche beobachtet hat.

Ort	Breite	Höchster Stand des Therm. R.	Beobachter
Aequator	0° 0′	+30°,8	v. Humboldt
Surinam	5 38 N.	25,9	— —
Pondicheri	11 55 N.	35,9	Legentil
Madras	12 13 N.	32,0	Roxbourgh
Beit-al-Faki	14 31 N.	30,5	Niebuhr
Martinique	14 35 N.	28,0	Chanvallon
Manilla	14 36 N.	35,1	Legentil
Madagascar	15 27 S.	36,0	— —
Guadeloupe	15 59 N.	30,8	Lepaux
Veracruz	19 12 N.	28,5	Orta
Philae in Aegypt.	24 0 N.	34,5	Coutelle
Cairo	30 2 N.	32,2	— —
Bassora	30 45 N.	36,2	Beauchamp
Paramatta	33 49 S.	32,9	Brisbane
Cap. d. guten Hoffn.	33 55 S.	35,1	Lacaille
Wien	48 12 N.	28,7	— —
Paris	48 50 N.	30,8	— —
Warschau	52 14 N.	27,1	Delsne
Franecker	52 36 N.	27,2	VanSwinden
Kopenhagen	55 41 N.	27,0	Bugge
Stockholm	59 20 N.	27,6	Ronnow
Petersburg	59 56 N.	24,6	Euler
Island, Eyaford	66 30 N.	16,7	Van Scheels
Hindoen, Norweg.	68 30 N.	20,0	Schytte
Melville-Insel	74 45 N.	12,5	Parry

G. Temperatur über und in dem Meere.

Anders verhält sich die Temperatur auf dem hohen Meere, wo sie unter allen Breiten, die dem Pole zu nahen Länder ausgenommen, beinahe stets dieselbe ist und auch zwischen den Wendekreisen nie über + 24° R. steigt. Hier folgen einige solche Beobachtungen, welche in grofsen Entfernungen vom Festlande oder von Inseln gemacht worden sind.

Ort	Breite	Höchste Temperatur	Beobachter
Atlant. Ocean	0°	+21°,2 R.	Legentil
— —	4° 5′ N.	22,7	Bayley
— —	14 50 N.	23,0	Wallis
— —	9 16 N.	22,8	Dentrecasteaux
Molukkenmeer	10 42 S.	24,6	— —
Südmeer	0 11 N.	22,4	v. Humboldt
Chines. Meer	13 29 N.	23,3	Basil Hall
Mittell. Meer	39 12 N.	23,4	Gautier
— —	38 46 N.	23,2	— —
Schwarzes Meer	44 42 N.	23,5	— —

Im Mittel aus allen diesen Beobachtungen findet man vom Aequator bis zu der Breite von 45° durchaus + 23°,2 R. Man hat wohl auch Beobachtungen von + 27° und selbst mehr, die auf der See gemacht sind, allein man hat stets nachweisen können, dafs sie nur in engen Meeren oder in der Nähe von Küsten gemacht worden sind, oder endlich, dafs das Thermometer an einem Ort des Schiffs angebracht war, wo der Reflex der Sonnenstrahlen von den Wänden des Schiffes die Temperatur erhöhte. Man kann daher annehmen, dafs bis zur Breite von 45° die Temperatur unmittelbar über dem Meere nie über 24° R. gehe. Welches ist aber die Temperatur des Meerwassers selbst? Diese ist offenbar verschieden, je nach der Tiefe der Wasserschichten. Wir sprechen hier nur von den obersten Schichten, für welche allein bisher hinlängliche Beobachtungen vorliegen. Die folgende Tafel giebt mehrere Beobachtungen der Temperatur des obersten Meerwassers zur Zeit der gröfsten Jahreswärme.

Ort	Länge von Ferro	Breite	Höchster Thermometerstand	Beobachter
Atlant. Ocean	0°	7° N.	+ 21°,6 R.	Bayley 1772 Aug.
Südmeer	40,8 O.	18 S.	23,2	- - 1773 Aug.
Atlant. Ocean	44 W.	4 N.	22,7	- - 1774 Mai
— —	2 W.	6 N.	23,1	Churruca 1788 October
— —	10 W.	2 S.	22,9	Quevedo 1803 Apr.
Atlant. Ocean	5 W.	7 N.	23,1	Rodman 1803 November
— —	3 W.	0	22,6	Perrins 1804 März
— —	41 O.	4 N.	23,0	John Davy 1816 Mai
— —	6 W.	5 N.	22,1	Lamarche 1816 Mai
Chines. Meer	31 O.	13 N.	23,3	Basil Hall 1816 Juli
Atlant. Ocean	4 W.	7 N.	21,9	Baudin 1816 Juli
Meer v. Ceylon	95 O.	2 N.	23,3	John Davy 1816 August
Atlant. Ocean	0	10 N.	23,3	Lamarche 1816 October
Indisches Meer	111 O.	1 N.	23,7	Baudin 1816 Nov.
Nördl. von Sumatra	118 O.	5 N.	23,1	Basil Hall 1817 März

Diese Beobachtungen zeigen, dafs die obern Schichten des Meerwassers zwischen den Wendekreisen nie eine höhere Temperatur als + 24° R. annehmen. Dieses gilt aber nur von der hohen See, nicht von der Gegend nahe am Ufer des Festlandes oder den Inseln. Aus allem Vorhergehenden zieht Arago folgende Resultate:

I. An keinem Orte der Erde und in keiner Jahreszeit kann das Thermometer den + 37sten Grad R. erreichen, wenn es zwei oder drei Klafter über dem Erdboden im Schatten aufgehängt und auch gegen den Reflex der Sonnenstrahlen geschützt ist.

II. Auf der freien See aber erreicht die Temperatur der Luft an keinem Orte und in keiner Jahreszeit den + 24sten Grad.

III. Auch die Temperatur des obersten Meerwassers zwischen den Wendekreisen ist nie über + 24°.

IV. Die zwei Extreme der Wärme und der Kälte, die
in bisher mit einem in freier Luft aufgehängten Thermome-
beobachtet hat, sind
+ 36°,2 von Beauchamp in Bassora beobachtet
d
— 40,0 von Cap. Franklin in Fort Enterprise beobachtet.

Bemerkt man noch, dafs mehrere Körper, wie Wolle,
hnee u. dgl., wegen der strahlenden Wärme bei heiterem
immel eine um 8 oder 10 Grade tiefere Temperatur als die
umgebende Luft annehmen, so läfst sich der tiefste Ther-
ometerstand, den man bisher auf der Oberfläche der Erde,
enn die Kugel des Instruments auf dem den Boden be-
ckenden Schnee aufsteht, beobachtet hat, zu 50° R. anneh-
en. Dabei wird immer vorausgesetzt, dafs das Thermometer
Schatten und vor aller Einwirkung der Sonnenstrahlen ge-
hützt ist. Wenn man aber diese Instrumente der Sonne aus-
tzt und überdiefs ihre Kugel mit einer schwarzen Farbe
berzieht, so kann dadurch das Thermometer um nahe 10
rade höher gebracht werden. Unter solchen Umständen hätte
eauchamp in Bassora immerhin + 46° statt + 36° beobach-
n können, und sonach könnte man also die zwei bisher be-
achteten Extreme der Temperatur zu + 46° und — 50° R.
nehmen. Wenn man mit solchen schwarz gefärbten und der
mittelbaren Wirkung der Sonnenstrahlen ausgesetzten Ther-
ometern beobachten wollte, so würden auch alle bisherigen
ittleren Temperaturen um nahe 10 Grade gröfser werden
nd die mittlere Temperatur Wiens z. B. würde nicht mehr,
ie bisher, + 9°,5, sondern 19°,5 seyn. Daraus folgt aber
och nicht, dafs auch die mittleren Temperaturen aller ande-
n, den Sonnenstrahlen ausgesetzten Gegenstände ebenfalls
9°,5 betragen würde, da im Gegentheile viele derselben viel
ärmer seyn werden. So steigt die Temperatur des trocke-
en Sandes an den Ufern unserer Flüsse oder auf der Strafse
n Sommer, wenn er lange von der Sonne beschienen wird,
ft auf + 55 bis 60 Grad, während im Gegentheile das Was-
r der Flüsse, wenn es nur einige Tiefe hat, immer um 10
is 13 Grade kälter ist, als das Thermometer im Schatten
nzeigt.

H. Temperatur des Nordpols der Erde.

Es wäre ohne Zweifel sehr interessant, die mittlere Temperatur der beiden Pole unserer Erde zu kennen, allein für den Südpol fehlen uns alle und für den Nordpol nur nicht eben alle Data, um zu dieser Kenntnifs zu gelangen. Unsere Schiffer, selbst die unerschrockenen PARRY und FRANKLIN, sind bisher nur bis zu dem 82sten Grad der nördlichen Breite vorgedrungen, und so fehlen uns noch alle directe Beobachtungen der Temperatur an den Polen selbst. In dieser Lage müssen wir uns mit Muthmafsungen und Hypothesen begnügen. Man kann aber im Allgemeinen nur zwei dieser Hypothesen aufstellen, von denen die eine den Nordpol der Erde mit Festland oder doch mit zahlreichen Inseln und die andere ringsum mit dem Meere umgiebt. Unter der ersten Voraussetzung kann man die Temperatur des Pols aus denjenigen Beobachtungen ableiten, die bisher in den höchsten Breiten von Nordamerica's Festlande gemacht worden sind. Diese Beobachtungen sind:

Cumberlandhouse,	Breite	54° 0′	mittl. jährl. Temp.	— 0°,4 R.
Nain		57 12	— — —	— 2,4
Fort Enterprise		64 30	— — —	— 7,4
Winter-Island		66 12	— — —	— 10,0
Igloolik-Island		69 30	— — —	— 11,1
Melville-Island		75 0	— — —	— 14,3

Nehmen wir also an, dafs das Land von Nordamerica sich bis zum Pole hin erstreckt, entweder als unmittelbares Festland oder doch als ein Archipel vieler und einander nahe liegender Inseln, so lassen sich die vorhergehenden Beobachtungen sehr gut benutzen, um daraus die mittlere jährliche Temperatur des Nordpols abzuleiten. In der That steigt in der letzten Tafel die Kälte regelmäfsig genug mit der Breite. Nimmt man daher an, was unter jener Voraussetzung vorhandenen Festlandes sehr wahrscheinlich ist, dafs der Gang der Temperatur, den unsere Tafel von der Breite 54° bis 75° giebt, auch noch von 75° bis 90° gelte, so findet man daraus für die mittlere jährliche Temperatur des Nordpols der Erde — 25°,6 R. Nimmt man aber nach der zweiten Hypothese

dafs der Pol ringsum von der See umgeben ist und dafs
Festland, so wie die Inseln von Nordamerica, schon in
er beträchtlichen Entfernung vom Pole aufhören, so würde
a auf eine ähnliche Weise diejenigen Temperaturen be-
zen können, welche bisher in so hohen Breiten zur See
bachtet sind. Diese Beobachtungen liefern uns besonders die
llfischfänger von Norwegen und Island, zwar nur sparsam
l auch wohl nicht mit der gröfsten Schärfe, aber doch, da
s übrige mangelt, für unsere Untersuchung willkommen.
se Beobachtungen lassen sich in folgender kleinen Tafel
ammenstellen:

	Breite	mittl. jährl. Temp.
er bei den Shetland-Inseln	56° . .	+ 6°,8R.
er westlich von Christiania . . .	60 . .	+ 3,9
aford (Island)	66½ . .	+ 0,5
er im Merid. von London . .	76½ . .	— 6,0
endas.	78 . .	— 6,7

reinigt man diese wenigen Beobachtungen, so gut es angeht,
eine Formel, und sucht man daraus die mittlere jährliche
mperatur des Nordpols, so findet man sie — 14°,4R, also
°,2 geringer als nach der ersten Hypothese. Es ist zu be-
ern, dafs uns noch die nöthigen Beobachtungen fehlen,
se interessante Frage zu beantworten. Arago, der das
rhergehende zusammengestellt hat, glaubt, dafs man sich
n der Wahrheit nicht sehr entfernen werde, wenn man die
ttlere jährliche Temperatur des Nordpols der Erde einst-
ilen, bis uns genauere Beobachtungen näher belehren, zu
20° R. annimmt. Ebenso grofs würde also auch wahr-
einlich die *mittlere Temperatur des Weltraums* seyn, de-
oben schon öfter erwähnt worden ist. Fourier nahm
se Temperatur um volle 25 Grad niedriger an, indem er
— 45°,6 R. voraussetzt.

So unvollkommen die obige Bestimmung auch seyn und wahr-
einlich noch lange bleiben mag, so dürfen wir doch hinzusetzen,
s wir in der Kenntnifs dieses Gegenstandes beträchtlich weiter
ommen sind, als man noch vor einem halben Jahrhunderte ge-
sen ist, wo der berühmte Astronom Tobias Mayer die
hauptung aufgestellt hat, dafs die mittlere Temperatur des

Pols gleich 0° seyn müsse, eine Aussage, die sich auf keine eigentlichen Beobachtungen gründete und die zuerst der bekannte Seefahrer SCORESBY auf eine überzeugende Weise widerlegt hat.

I. Einflufs der Lage der grofsen Axe der Erdbahn auf die Temperatur der Erde.

Es wurde oben[1] gesagt, dafs die grofse Axe der Erdbahn sich in jedem Jahrhundert siderisch um 0,3276 Grade gegen Ost bewege und dafs diese Bewegung nicht periodisch, sondern progressiv sey, so dafs in der Folge der Zeit diese Axe die ganze Peripherie des Kreises durchläuft. Nach dem a. a. O. Angeführten fiel diese grofse Axe der Erdbahn gegen das Jahr 4000 vor Chr. G. mit der Linie der Nachtgleichen zusammen, so dafs also die kleine Axe mit der Solstitiallinie coincidirte. Im Jahre 1250 nach Chr. G. war die Länge des Periheliums der Erde, die vor 5250 Jahren gleich Null war, bis zu 90 Grad angewachsen; im Jahr 6500 nach Chr. G. wird diese Länge 180 Grade betragen und erst in 21000 Jahren nach jener ersten Epoche wird diese Länge des Periheliums wieder gleich Null seyn. In dem gegenwärtigen Jahrhunderte, wo die Länge des Perihels der Erdbahn nur 10 Grade mehr als 90° beträgt, ist die Stellung der Erdbahn gegen die Sonne nahe die, welche oben[2] abgebildet ist, wo P das Perihelium, A das Aphelium der Erdbahn, also AP die grofse und sehr nahe MN (wegen der geringen Excentricität) die kleine Axe der Erdbahn bezeichnet. In diesem Jahrhunderte durchläuft also die Erde während der Sommermonate der nördlichen Hemisphäre, d. h. während der Zeit von der Mitte des März bis zur Mitte des September den Bogen MAN und während der sechs andern Wintermonate den Bogen MPN. Der erste Bogen ist beträchtlich gröfser als der zweite, und in dem ersten ist überdiefs die Geschwindigkeit der Erde in der Gegend der Sonnenferne geringer, als in der zweiten. Die Er-

---

1 S. Art. *Sonnennähe.* Bd. VIII. S. 880.

2 S. Art. *Sonnennähe.* Bd. VIII. Fig. 335.

raucht demnach mehr Zeit, den Sommerbogen MAN zu
chlaufen, als sie gebraucht, den Winterbogen MPN zu-
kzulegen, oder der Sommer, in der obigen Bedeutung des
orts, ist jetzt um nahe sieben Tage länger als der Winter.
ein wenn in der Folge der Zeiten das Perihel P über den
gen PM hinaus bis in die Gegend von A vorgerückt seyn
r wenn die Länge des Perihels 270 Grade betragen wird,
werden umgekehrt die Sommer der nördlichen Hemisphäre
zer seyn als die Winter. Dann werden wir zur Zeit der
te des Sommers zugleich der Sonne am nächsten stehn,
hrend wir jetzt im höchsten Sommer am weitesten von ihr
fernt sind; dann werden wir im höchsten Sommer nur
528000 geogr. Meilen entfernt seyn, während wir jetzt zu
selben Jahreszeit 21229400 Meilen von ihr abstehn. Diese
deutende Differenz von 701400 Meilen könnte allerdings
z andere Wärmeverhältnisse für unsere Halbkugel herbei-
iren, als die gegenwärtigen sind, und es wird daher an-
nessen erscheinen, diese Verhältnisse näher zu unter-
hen.

Wir haben oben[1] die Gleichungen gegeben, welche zwi-
en

der wahren Anomalie v,
der mittleren - - m,
der excentrischen - u

l zwischen dem Radius Vector r statt haben. Ist nämlich a
halbe grofse Axe der elliptischen Bahn irgend eines Pla-
en und ae die Excentricität derselben, so hat man

$$m = u - e \operatorname{Sin.} u,$$

$$\operatorname{Tang.} \tfrac{1}{2} v = \operatorname{Tang.} \tfrac{1}{2} u . \sqrt{\frac{1+e}{1-e}}$$

l

$$r = a(1 - e \operatorname{Cos.} u).$$

ein hier und auch sonst oft braucht man nicht sowohl diese
lichen Gröfsen m, v, r.., als vielmehr ihre unendlich klei-
Veränderungen, daher wir die letzten hier vollständig
theilen wollen. Differentiirt man den vorhergehenden Aus-
ck für Tang. $\frac{1}{2}v$ in Beziehung auf alle drei in ihm enthalte-

1 S. Art. *Mittlerer Planet.* Bd. VI. S. 2313.

nen Gröfsen ν, u und e, so erhält man, wenn man der Kürze wegen e = Sin. φ setzt, wo φ der Excentricitätswinkel genannt wird,

$$\frac{\partial u}{\text{Sin.}u} = \frac{\partial \nu}{\text{Sin}\,\nu} - \frac{\partial \varphi}{\text{Cos.}\varphi}$$

und ganz ebenso giebt auch die erste jener Gleichungen

$$m = u - e\ \text{Sin.}\,u$$

die folgende Differentialgleichung

$$\partial m = (1 - e\,\text{Cos.}\,u)\,.\,\partial u - \text{Sin.}\,u\,\text{Cos.}\,\varphi\,.\,\partial\varphi.$$

Eliminirt man aus diesen zwei Ausdrücken die Gröfse ∂u, so erhält man

$$\text{(I)}\ ..\ \partial m = \frac{r^2\,\partial\nu}{a^2\,\text{Cos.}\,\varphi} - \frac{r(a + r - a e^2)}{a^2\,\text{Cos.}^2\,\varphi}\ \text{Sin.}\,\nu\,.\,\partial\varphi$$

und ebenso ist auch

$$\text{(II)}\ ..\ \partial\nu = \frac{a^2}{r^2}\,\text{Cos.}\,\varphi\,.\,\partial m + \frac{(2 + e\,\text{Cos.}\,\nu)}{\text{Cos.}\,\varphi}\ \text{Sin.}\,\nu\,.\,\partial\varphi$$

und endlich

$$\text{(III)}\ ...\ \partial r = \frac{r}{a}\,\partial a + a\,\text{Tang.}\,\varphi\,\text{Sin.}\,\nu\,.\,\partial m - a\,\text{Cos.}\,\varphi\,\text{Cos.}\,\nu\,.\,\partial\varphi$$

und dieses sind die drei gesuchten Gleichungen, die zuerst Gauss in seiner *Theor. mot. corp. coel.* gegeben hat. Zu unserem gegenwärtigen Zwecke genügt schon der erste Theil der Gleichung (II), nach welchem man nämlich hat

$$\partial\nu = \frac{a^2}{r^2}\sqrt{1 - e^2}\,.\,\partial m$$

und dieser Ausdruck giebt die wahre Winkelgeschwindigkeit des Planeten, wenn die mittlere Winkelgeschwindigkeit, d. h. wenn die Umlaufszeit desselben bekannt ist. Da in diesem Ausdrucke a, $\sqrt{1 - e^2}$ und ∂m constante Gröfsen sind, so sieht man, dafs die wahre Winkelgeschwindigkeit des Planeten in jedem Puncte seiner Bahn sich verkehrt wie das Quadrat des Radius Vector r verhält.

Allein ganz ebenso wird sich auch die Wirkung der Wärme verhalten, welche die Erde unmittelbar von den Sonnenstrahlen erhält, wenn anders die Wärme gleich dem Licht von der Sonne nach allen Seiten strahlend gleichförmig ausströmt. Daraus folgt demnach, dafs der augenblickliche Zu-

:hs der Wärme, den die Erde von der Sonne erhält, sich
au so, wie die wahre Winkelgeschwindigkeit der Erde
halte, oder dafs die Erde in allen Puncten ihrer Bahn glei-
n Wärmezuwachs während derselben Zeit erhält, in wel-
r sie denselben Winkel (z. B. von einem Grade) um die
ne zurücklegt. Ist also PMAN die Erdbahn, F einer ih- Fig. 42.
Brennpuncte, in welchem sich die Sonne befindet, und
die grofse Axe dieser elliptischen Bahn, und zieht man
ch den Brennpunct F die gerade Linie MFN in irgend ei-
willkürlichen Richtung, so ist der Winkel, welchen der
lius Vector der Erde um den Punct F auf beiden Seiten
Linie MFN zurücklegt, gleich 180 Graden, und da so-
h diese Winkel gleich sind, so ist auch der Wärmezu-
:hs auf der einen so wie auf der andern Seite der Linie
'N derselbe, d. h. die Erde wird von der Sonne ganz den-
›en Wärmezuwachs erhalten, während sie den Bogen NPM,
während sie den Bogen MAN zurücklegt, obschon jener
;en viel kleiner ist, als dieser, und obschon überdiefs jener
;en NPM, da er das Perihel in sich enthält, mit einer
fsern Geschwindigkeit, also auch in einer viel kürzern Zeit
ı der Erde zurückgelegt wird, als der andere Bogen MAN,
das Aphelium A enthält. Es mufs nämlich der Wärme-
rachs, der in der kürzeren Zeit durch den Bogen NPM
t hat, wieder durch die gröfsere Nähe der Sonne F bei
sem Bogen ersetzt werden, um den gesammten Wärmezu-
chs in dem einen Bogen dem in dem anderen ganz gleich
machen.

Setzt man, um den Gegenstand noch einfacher darzustel-
, die Erde in M, so ist die wahre Anomalie ν derselben
ch dem Winkel PFM und der Radius Vector r. dersel-
gleich der Linie FM. Wenn nun die Erde während ei-
gegebenen Zeit, z. B. während eines Tages, den Bogen
ı durchläuft, so steht die dazu erforderliche Zeit, nach
ı bekannten zweiten Gesetze Kepler's, im Verhältnifs zu
ı elliptischen Sector FMP, d. h. also im Verhältnifs von
$\partial \nu$. Allein die Dichte der Sonnenstrahlen verhält sich
kehrt, wie das Quadrat der Entfernung derselben von der
ne, also wie $\frac{A}{r^2}$, wo A irgend eine constante Gröfse ist.
› steht auch die Menge der Sonnenstrahlen, d. h. die

Wärmemenge $\partial . W$, welche die Erde von der Sonne in der Zeit erhält, während welcher die Erde den Bogen Mm zurücklegt, in dem Verhältnifs

$$\partial . W \frac{A}{r^2} . \tfrac{1}{2} r^2 \partial \nu = \tfrac{1}{2} A \partial \nu,$$

also auch, wenn man diese Gleichung integrirt,

$$W = \tfrac{1}{2} A . \nu$$

oder die Wärmemenge, welche die Erde von der Sonne, während jene den Bogen PM durchläuft, zu dem die wahre Anomalie PFM $= \nu$ gehört, erhält, ist dieser wahren Anomalie proportional. Die Erde erhält also dieselbe Wärmemenge, während sie durch den Bogen PM geht, als sie in dem Bogen AN erhält, da beide Bogen zu demselben Winkel PFM = NFA gehören, und dasselbe gilt auch von den Bogen MA und NP, so wie von den Bogen MAN und NPM wie zuvor.

K. Einflufs der Excentricität der Erdbahn auf die Temperatur der Erde.

Anders verhält es sich mit der Excentricität einer Planetenbahn, wenn die Aenderungen, welche künftige Jahrhunderte in derselben hervorbringen, so bedeutend sind, daß dadurch die Verschiedenheit der Ellipse von einem Kreise merklich geändert werden sollte. Es ist schon oben[1] bemerkt worden und wir werden später (Artikel *Weltsystem*) wieder auf diesen wichtigen Gegenstand zurückkommen, daß der Urheber der Natur mehrere sehr merkwürdige Einrichtungen getroffen hat, welche offenbar auf die *längere Dauer des Sonnensystems* Bezug haben. Alle *Störungen*, und sind offenbar bei der gegenwärtigen Einrichtung des Systems unvermeidlich, werden, wenn sie immer in derselben Richtung fortgehn, auf endliche Unordnungen, vielleicht auf die völlige Zerstörung des Ganzen führen. Die gefährlichste aller dieser Störungen wäre ohne Zweifel die der grofsen Axe, oder, was nach dem dritten Gesetze KEPLER's dasselbe ist, die Störung der siderischen Umlaufszeit eines Planeten. Al

1 S. Art. *Sonnennähe*. Bd. VIII. S. 879.

efsten analytischen Untersuchungen haben gezeigt, dafs
Element, und dieses allein, keiner Störung unterworfen
Nach dieser Perturbation kommen die der Excentricität
ler Neigung der Planetenbahnen, die ebenfalls, wenn sie
r in demselben Sinne fortgehn, wenn z. B. die Ex-
cität einer Bahn immer wachsen und die Neigung der-
immer abnehmen sollte, grofse und selbst verderbliche
lnungen des ganzen Systems in der Folge der Zeiten un-
idlich machen würden. Allein auch hier haben ebenso
e als scharfsinnige theoretische Untersuchungen gezeigt,
diese Störungen wohl allerdings statt haben, dafs sie aber
rogressiv, sondern nur periodisch seyn können, und dafs
iefs die Veränderungen, welche in diesen Perioden statt
, bei allen Planeten ohne Ausnahme nur sehr gering
während im Gegentheile jene Perioden selbst sehr lang
und viele Jahrtausende umfassen. Nur die Lage der
en Axe der Bahn oder, was dasselbe ist, die Länge des
eliums macht davon eine merkwürdige Ausnahme, da ihre
ngen in der That nicht periodisch, sondern wahrhaft
ressiv sind, oder da, mit andern Worten, das Perihe-
nach und nach die ganze Peripherie des Kreises umän-
, wie wir schon oben[1] bei der Erdbahn gesehn haben.
n man sieht auch leicht, dafs diese Lage der grofsen Axe
Himmelsraume in Beziehung auf die Erhaltung des grofsen
ms eine in der That sehr gleichgültige Sache ist. Da
ich die Bahnen der Planeten sämmtlich sehr nahe kreis-
ig sind und da überdiefs mit Ausnahme der vier neuen
ten diese Bahnen durch sehr grofse Zwischenräume von
er getrennt sind, so kann es für die Dauer des Sy-
durchaus nicht von bedeutender Folge seyn, ob die
Axe der Bahn diesem oder einem anderen Puncte des
ls zugewendet ist. Aus diesen Ursachen scheint dem-
ie Richtung dieser Axe bei allen Planeten frei gegeben
re Bewegung unbegrenzt gemacht worden zu seyn.
eselbe ungehinderte Bewegung der grofsen Axe der
at aber auch, wie wir so eben (Abschnitt I) gesehn
auf die mittlere Temperatur der Planeten, so weit die-
von der Einwirkung der Sonne abhängt, keinen Einflufs.

1 S. Art. *Sonnennähe*. Bd. VIII. S. 881.

Nicht so aber die *Excentricität*, wenn auch diese ohne Aufhören wachsen oder abnehmen könnte, wie wir sogleich näher zeigen wollen. Wir gehn der Kürze wegen von einem bekannten Satze aus, den zuerst Herschel d. Jüngere[1] gehörig bewiesen hat, dafs nämlich der Zuwachs der mittleren Wärme (so wie auch der der Beleuchtung) eines Planeten von der Sonne, alle anderen Umstände gleich gesetzt, sich verkehrt *wie die kleine Axe* der Planetenbahn verhalte, wenn nämlich die grofse Axe, wie wir nach dem Vorhergehenden voraussetzen, ungeändert bleibt. In der That sieht man auch sogleich ohne Rechnung, dafs unsere Erde z. B. viel mehr Wärme von der Sonne erhalten würde, wenn die Excentricität ihrer Bahn so grofs, d. h. wenn bei derselben grofsen Axe ihre kleine Axe so klein wäre, dafs die Erde jedesmal zweimal im Jahre nahe bei der Oberfläche der Sonne vorbei geführt würde, so dafs sie dieselbe beinahe streifen müfste. Allein es ist bereits oben[2] gesagt worden, dafs die Excentricitäten aller Planetenbahnen jetzt nur sehr kleine Theile ihrer grofsen Axen und dafs sie überdiefs nur sehr geringen und zwar periodischen Aenderungen unterworfen sind, so dafs dieselben zwar mehrere Jahrtausende hindurch z. B. zunehmen, aber nur bis zu einer gewissen, dem mittleren Werthe sehr nahen Grenze zunehmen können, worauf sie dann sofort wieder kleiner werden müssen, so dafs demnach diese Excentricitäten nie einen beträchtlich gröfseren Theil ihrer grofsen Axe bilden können, als derjenige ist, den sie in unseren Tagen bilden. Für die Erdbahn z. B. geben die astronomischen Berechnungen folgende Resultate. Die Excentricität der Erdbahn war um das Jahr 11400 vor Chr. G. in ihrem gröfsten Werthe und betrug damals 0,0196 der halben grofsen Axe der Bahn. Von jener Zeit nimmt sie durch 48300 Jahre stets ab, wie sie denn jetzt nur nahe gleich 0,0168 ist; aber erst am Ende dieser langen Periode von 483 Jahrhunderten wird sie ihren kleinstmöglichen Werth 0,0039 erreichen und dann von dieser Zeit an wieder durch eine nahe ebenso lange Periode wachsen, bis sie jene erste Gröfse 0,0196 erreicht, worauf sie wieder abnehmen wird u. s. w. Da sonach die Excentricität

1 Geological Transactions for the Year 1832.

2 S. Art. *Sonnennähe*. Bd. VIII. S. 879.

Erdbahn (und dasselbe gilt auch von allen ältern, d. h., seren Planeten unseres Sonnensystems) immer nur klein und bleiben wird, so kann ihre Aenderung auch die ältnisse der mittleren Temperatur auf der Oberfläche der nicht bemerkbar verändern. Die Bahn unserer Erde mt also seit einer Zeit, die weit über den Anfang unserer schengeschichte hinausreicht, einem Kreise immer näher, ihre Excentricität stets abnimmt, während ihre grofse Axe lbe bleibt, weil ihre kleine Axe stets wächst und der änderlichen grofsen Axe immer näher kommt. Da nun dem Vorhergehenden die jährliche Wärme, die wir von Sonne empfangen, sich wie verkehrt die kleine Axe der verhält, so nimmt allerdings die Wärme der Erde, so sie eine Folge der Einwirkung der Sonne ist, schon seit n Jahrtausenden ab und wird noch eine ebenso lange Zeit r abnehmen. Allein diese Excentricität, also auch diese me, nimmt so ungemein langsam ab, dafs wir mehr als 0 Jahre bedürfen, damit diese Abnahme an unsern Thertern nicht etwa bedeutend grofs, sondern nur eben noch rkbar werden kann.

Nehmen wir, um dieses näher zu zeigen, diese Veränder der Excentricität der Erdbahn, die jetzt 0,0168 ist, so tend an, dafs sie einmal in der Folge vieler Jahrtau so grofs, wie die der Pallas-Bahn, dafs sie also 0,25 halben grofsen Axe werden könne. Dafs diese Annahganz unwahrscheinlich, ja unmöglich sey, haben wir so gesehn. Dessenungeachtet wollen wir die Wärmeänng suchen, die eine so gewaltsame Aenderung der Excenät zur Folge haben könnte. Ist b die halbe kleine Axe e die Excentricität der Erdbahn, die halbe grofse Axe als eit vorausgesetzt, so hat man bekanntlich

$$b = \sqrt{1 - e^2}.$$

gegenwärtige Werth von $e = 0{,}017$ giebt

$$b = 0{,}99985 \text{ und } \frac{1}{b} = 1{,}000144.$$

supponirte spätere Werth von $e' = 0{,}25$ aber giebt

$$b' = 0{,}96824 \text{ und } \frac{1}{b'} = 1{,}03240.$$

nach hat man

$$\frac{1{,}03240 - 1{,}000144}{1{,}000144} = \frac{0{,}0323}{1{,}000144}$$

und da der letzte Bruch nahe $\frac{1}{100}$ ist, so folgt, daſs durch jenen enormen Zuwachs der Excentricität der Erdbahn der mittlere *jährliche Zuwachs* der Sonnenwärme auf der Erde doch nur $\frac{1}{100}$ seiner gegenwärtigen Gröſse betragen würde. Dann würden also alle mittlere Temperaturen, wie wir sie jetzt für die verschiedenen Orte der Oberfläche der Erde kennen, um $\frac{1}{100}$ ihres Betrags gröſser werden und die mittlere Temperatur Wiens z. B., die jetzt + 9°,5 R. ist, würde dann + 9°,78, d. h. also, wir würden die beiden Temperaturen nicht nur durch unser Gefühl, sondern selbst durch unsere besten Thermometer nur mit Mühe unterscheiden. Bloſs die Hitze einiger einzelnen Tage des Jahres würde dadurch beträchtlich verändert werden. Die Tage des Julius würden viel wärmer als jetzt, die des Januars aber auch viel kälter seyn. Jetzt nämlich ist die gröſste und kleinste Distanz der Sonne von der Erde 1,017 und 0,983, also ihre Differenz 0,034 oder nahe $\frac{1}{30}$ der mittleren Distanz. Bei einer Excentricität von 0,25 aber würde die gröſste und kleinste Distanz 1,25 und 0,75, also ihr Verhältniſs

$$\frac{1{,}25}{0{,}75} = 1{,}666 \text{ oder nahe } \tfrac{5}{3}$$

seyn. In diesen Distanzen von 5 und 3 aber würden sich die Intensitäten der Erwärmung und der Erleuchtung der Erde von der Sonne verhalten, wie

$$\frac{1}{5^2} \text{ zu } \frac{1}{3^2},$$

das heiſst, nahe wie 1 zu 3, oder bei der neuen Excentricität von 0,25 würde die Erwärmung der Erde durch die Sonne aber nur in den höchsten Sommertagen, sehr nahe derjenigen gleich zu achten seyn, die statt haben würde, wenn drei unserer Sonnen zu gleicher Zeit im Mittag in unserem Scheitel ständen.

L.

Thau.

Ros; Rosée; *Dew.*

A. Erscheinungen.

Unter Thau versteht man diejenige wässerige Flüssigkeit, relche des Nachts zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufang, im Ganzen am reichlichsten vor Mitternacht, zuweilen :hon vor Sonnenuntergang und noch nach Sonnenaufgang, an eschatteten Orten, hauptsächlich auf Gräsern und Pflanzen, n Allgemeinen aber auf allen mit der Erde in Berührung ler in der Nähe ihrer Oberfläche befindlichen Gegenständen iedergeschlagen wird. Die Flüssigkeit besteht aus reinem Vasser mit etwas aus der Luft aufgenommener Kohlensäure nd enthält schwerlich noch sonstige im Regen ausnahmsweise efindliche Substanzen, wie dieses aus den Untersuchungen on Lampadius[1] überzeugend hervorgeht und aufserdem aus er Natur dieser in der Nähe der Erdoberfläche gebildeten lüssigkeit von selbst folgt. Die Thaubildung unterscheidet ch von den übrigen Hydrometeoren, die tropfbar flüssiges Vasser geben, vom Regen durch die Feinheit des Niederhlages, welcher nie in Tropfen herabfällt, und vom Nebel adurch, dafs der Thau vor der Ansammlung auf den Gegenänden unsichtbar ist oder dafs die Luft, aus welcher der 'hau herabfällt, ihre gewöhnliche Durchsichtigkeit nicht merkır verliert. Es ereignet sich indefs nicht selten, dafs der en Thau gebende Niederschlag des atmosphärischen Wasserımpfes in der nahe über der Erdoberfläche befindlichen Luftchicht in einer die Durchsichtigkeit der Luft aufhebenden enge gebildet wird. Es entsteht dann eine nahe über der :doberfläche schwebende, etwa 1 bis höchstens 10 Fufs Dicke reichende, an ihrer oberen und unteren Grenze allmälig ver-

1 Versuche und Beobachtungen u. s. w. Berl. 1798. S. 64. Wenn Edinb. New Phil. Journal N. XXVI. p. 368. ohne Angabe der elle behauptet wird, der Morgenthau sey in der Gegend von Rotdam nicht klar, sondern von salbenartiger Consistenz, so beruht eses auf Täuschung.

schwindende Nebelschicht, die sich nach allgemeiner Erfahrung[1] bald nach Sonnenuntergang hauptsächlich über feuchten Wiesengrunde bildet und nach kürzerer oder längerer Zeit, oft erst nach Sonnenaufgang, wieder verschwindet. In diesem Falle geht die Bildung des Thaues in die des Nebels über und die Grenze beider ist schwer mit Genauigkeit zu bestimmen. Wenn die in der genannten Nebelschicht vorhandene Feuchtigkeit so wenig dicht ist, dafs sie auf den unter ihr befindlichen Gegenständen in ungleicher Menge nach den über die Bethauung bekannten Gesetzen niederfällt, insbesondere aber wenn sie über einer dünnen durchsichtigen Schicht schwebt, so kann man die so gebildete undurchsichtige Schicht mit Recht dem gemeinen Sprachgebrauche nach durch Thau bezeichnen, ist sie aber dichter und fällt die Feuchtigkeit auf alle Gegenstände ohne Unterschied in gleicher Menge nieder, dann gehört sie zu den Nebeln[2].

Endlich mufs noch im Allgemeinen bemerkt werden, dafs der Thau nur dann entstehn kann, wenn, abgesehn vom Verhalten der Erdoberfläche, die untere Luftschicht so weit abgekühlt ist, dafs der in ihr enthaltene Wasserdampf niedergeschlagen wird. Derjenige Punct der Temperatur, welchen das Thermometer in dem Augenblicke anzeigt, wenn dieser Niederschlag erfolgt, heifst dann der *Thaupunct* (*dew-point*) und ist derjenige, welcher durch das Hygrometer von Daniell gefunden wird.

Dafs man schon in den ältesten Zeiten den Procefs des Thauens und das Erzeugnifs desselben, den Thau, kennen mufste, liegt in der Natur der Sache; indefs verdanken wir den Alten keine wesentlichen Bestimmungen, indem nur die Behauptung des Aristoteles[3], dafs der Thau blofs in heiteren, stillen Nächten in den unteren Schichten der Atmosphäre gebildet werde und in kleinen Tropfen herabfalle, der Beachtung werth scheint. Beim Erwachen der Wissenschaf-

---

1 Vergleiche Kämtz Meteorologie Bd. II. S. 361.

2 Sehr zarte, des Abends am Horizonte sich zeigende Wolken pflegt man *Thauwolken* zu nennen, weil man glaubt, dafs sie im Thau niederfallend sich auflösen, da sie später in der Nacht verschwinden. Ebenso nennt man auch ähnliche, am Morgen sich zeigende Wolken.

3 Meteorol. L. I. Cap. X. De Mundo C. III.

wurde auch dieser Theil der Meteorologie auf eine abenerliche Weise aufgefafst, indem man glaubte, der Thau nme aus grofsen Höhen, von den Sternen oder nach Vos-s mindestens eine Meile hoch herab, weswegen man dem aus erhaltenen Wasser allerlei sonderbare Eigenschaften beite[1]. CHRISTIAN LUDWIG GERSTEN[2] war der Erste, wel-r auf genauere Beobachtungen dieses Processes einige Schlüsse ite. Er bestritt das Herabfallen des Thaues und nahm statt sen an, dafs er von der Erde aufsteige, namentlich von i Pflanzen und ihren Theilen, weil er sich sonst nicht an Spitzen der Blätter in Tropfen anlegen könne, auch bilde i Thau im Innern einer umgestürzten Glasglocke, fehle gegen bei Gegenständen, die auf Metallplatten lägen. Ebense Folgerung entlehnte DU FAY[3] aus seinen zahlreichen rsuchen, indem er horizontale Glasplatten in verschiedenen ihen aufhing, die unteren Flächen und die tiefsten Platten stärksten benetzt fand, statt dafs die 31 Fufs hohen erst einer halben Stunde feucht wurden. Aufserdem fand er die rke des Niederschlags bei verschiedenen Körpern ungleich, rzüglich grofs namentlich bei Glas und Porzellan, auch ienen ihm die Farben einen Einflufs hierauf zu äufsern. i er auf einer Seite mit Folie belegtes Glas nicht bethauet fand, lofs er hieraus auf einen Zusammenhang zwischen dem aue und der Elektricität. Der fleifsige MUSSCHENBROEK[4] llte, wie gewöhnlich, das ihm Bekannte zusammen und rmehrte es durch eigene Versuche. Mit BOERHAVE glaubte, der Thau steige aus der Erde auf und enthalte allerlei offe. So hatte HENSHAW[5] frisch gesammelten Maithau durch leinenes Tuch filtrirt und von gelblicher Farbe gefunden, moch aber faulte dieses Wasser in gläsernen Gefäfsen der ne ausgesetzt nicht, in hölzernen aber eher als Regenwas-. MUSSCHENBROEK dagegen liefs das gesammelte Wasser Thaues in einem gläsernen Gefäfse 24 Jahre stehn und

---

1 GEHLER a. a. O. Th. IV. S. 289.

2 Diss. Roris decidui errorem antiquum et vulgarem per obs. et er. nova excutiens. Francof. 1733. 8.

3 Mém. de Paris. 1736. p. 352.

4 Introductio. T. II. p. 2544.

5 Philos. Trans. N. III. p. 33.

alle Winter gefrieren, ohne dafs es sich im mindesten veränderte. Ebenso fand Torb. Bergmann das vorsichtig gesammelte Wasser des Thaues dem reinen Wasser an Farbe und Geschmack völlig gleich, meinte aber dennoch, es enthalte Salze, die das Gold zuweilen angriffen, doch glücke es nicht mehr, das darin enthaltene allgemeine Auflösungsmittel daraus herzustellen. Nach Musschenbroek's eigenen Versuchen solle einiger Thau auf alle, anderer nur auf gewisse Körper fallen, ein Irrthum, welcher aus der oben bemerkten Verwechselung des Nebels mit dem Thau hervorging. Glas und Porzellan fand er neben trocknen Metallen und Steinen benetzt, unter den verschiedenen Arten Leder nahm frisches Kalbleder, und rother und gelber Saffian am reichlichsten den Thau auf; wie du Fay gefunden hatte, wurde eine Glasplatte neben einer Metallplatte bethauet, während die letztere trocken blieb, und eine über die Fuge beider gelegte Glasscheibe blieb auf der über dem Metalle liegenden Hälfte trocken. Polirtes Metall in einem gläsernen Gefäfse blieb trocken, das Gefäfs aber nicht, und bei einem Stücke Glas in einem metallenen Gefäfse trat das Gegentheil ein. Die Elektricität nahm auch er als muthmafsliches Hülfsmittel an, die hinzukommend Verdampfung und entweichend Niederschlag bewirke. Seit Musschenbroek nahm man auch allgemein an, dafs der meiste Thau 2 bis 3 Stunden nach Sonnenuntergang und vor Sonnenaufgang falle und die Menge des Thaues in feuchten Gegenden, insbesondere aber in denjenigen Regionen am gröfsten sey, wo die kühlsten heiteren Nächte mit den heifsesten Tagen wechseln, wobei man sich auf die von Shaw im wüsten Arabien gemachte Erfahrung stützte, dafs dort die Reisenden oft vom Thau gänzlich durchnäfst werden.

Die werthvollsten älteren Untersuchungen über den Thau haben wir von Le Roy[1]. Im Wesentlichen folgte er der damals herrschenden Ansicht von einer Auflösung des Wassers in Luft und das Bethauen der Gegenstände ist ihm demnach dem Beschlagen der Fenster bei eintretender äufserer Kälte analog. Ist während des Tags der Erdboden und die ihn berührende Luftschicht durch die Sonne erwärmt, sinkt letztere dann unter den Horizont, so erkaltet die dünnere Luft früher

1 Mém. de Paris 1751. p. 418.

lie Erde, die Ausdünstung der letzteren dauert fort, aber kalte Luft kann die Feuchtigkeit nicht aufnehmen und sie daher in Tropfen auf die Pflanzen zurück, wozu noch in der kalten Luft selbst niedergeschlagene Dampf kommt. n Aufgange der Sonne wird umgekehrt die Luft zuerst er- nt und die in ihr enthaltene Feuchtigkeit fällt auf die Erde er, wozu noch kommt, dafs die erwärmte Luft aufsteigt und ıre an ihre Stelle tritt, die eine gleiche Menge von Dampf unehmen nicht vermag. Hieraus folgt dann von selbst aufsteigende Thau am Abend und der niederfallende am gen, eine in ihrer ganzen Ausdehnung unhaltbare Hypo- e, wenn gleich der im Thau niedergeschlagene Wasser- pf ursprünglich von der Erde hergegeben werden mufs.

Wegen der Einfachheit und allgemeinen Bekanntheit des iomens an sich blieb man später bei den durch Mus- enbroek und Le Roy angegebenen Thatsachen stehn, die lärung wurde aber in den Kreis einer damals für höchst htig gehaltenen und vielfache Streitschriften veranlassenden ersuchung gezogen, nämlich über denjenigen Zustand, in chem sich der expandirte Wasserdampf befinde, und wie er diesem wieder zur tropfbaren Flüssigkeit übergehe. Im emeinen glaubte man, das Wasser werde in der Luft auf- st und entziehe sich dadurch seinem Einflusse auf das Hy- meter, weswegen man sich des letzteren Apparates haupt- lich zur Prüfung der Erscheinungen bediente. De Saus- e[1], gleichfalls Anhänger der Auflösungstheorie, hielt es er für wichtig zu bemerken, dafs das Hygrometer im dik- Abendthau zuweilen den Punct der gröfsten Feuchtig- zeige, noch mehr aber im Morgenthau, und da in stillen hten nach Regentagen, bei heiterem und sternhellem Him- , die mit Wasser gesättigte Luft das Hygrometer stets auf Puncte der gröfsten Feuchtigkeit erhalte, so zeuge dieses ent für eine wirkliche Auflösung. Unter den eigenen Be- htungen dieses fleifsigen Forschers verdient also blofs Be- ung, dafs die Luftelektricität während des Thauens zu- nt. Ein Gegner der Auflösungstheorie war de Luc[2].

1 Essais sur l'Hygrométrie. Ess. IV. §. 320. 325.

2 Neue Ideen über die Meteorologie. T. II. §. 545. 558. 880. r die Hygrometrie aus Phil. Trans. T. LXXXI. in Gren Journ. V. S. 300.

Nach ihm können die Wasserdämpfe nur bis zu einem ge-
wissen, durch die Wärme bedingten Maximum in der Luft
enthalten seyn, welches beim Thauen allezeit erreicht werde.
Aus dem ungleichen Nafswerden der Pflanzen und sonstiger
Körper schlofs er, dafs verschiedene Ursachen hierbei wirk-
sam seyn müfsten. In einem Fasse ohne Boden, worin in
verschiedenen Höhen Leinwand ausgespannt war, wurde die
obere durch den Thau weit stärker benetzt; war ein Theil
des Rasens mit Glasscheiben bedeckt, so wurde das bedeckte
Gras ebenso feucht, als das unbedeckte, und die Scheiben fan-
den sich an beiden Seiten benetzt, statt dafs sie etwa 1 Fufs
hoch horizontal über dem Erdboden befindlich nur von oben
feucht wurden. Das Bethautwerden der Körper im Allgemei-
nen scheint ihm daher Folge des niedergeschlagenen Wasser-
dampfes zu seyn, das Befeuchten der Pflanzen dagegen un-
gleichzeitig hiermit zu erfolgen, zugleich aber von der Ursa-
che der Thaubildung und aufserdem von anderweitigen Ur-
sachen abzuhängen, die wohl mit dem Mechanismus der Ve-
getation in Verbindung stehn könnten. Die Benetzung der
Glasscheiben an der unteren Fläche zeige überzeugend die
Fortdauer der Verdunstung. Bei Tage könne die warme
Luft mehr Feuchtigkeit enthalten und bleibe durch die Wär-
me mehr von ihrem Maximum entfernt, nach Sonnenuntergang
dagegen verliere die Luft einen Theil ihrer Wärme, die Erde
aber nicht, und die Ausdünstung dauere daher fort. Durch
Abnahme der Wärme erreichen die Dünste das Maximum ih-
rer Dichtigkeit, durch fortdauernde Ausdünstung überschreiten
sie dasselbe und die Thaubildung mufs eintreten. Das Hy-
grometer, namentlich aus einem spiralförmig geschnittenen
Federkiele, gab folgende Resultate. 1) An hellen Abenden
nach warmen Tagen wurde das Gras bethaut, obgleich das
in 3 Fufs Höhe aufgehangene Hygrometer die ganze Nacht
nicht über höchstens 55 Grade stieg. 2) Nahm der Thau zu,
so dafs auch Kräuter und Stauden nafs wurden, so ging das
Hygrometer hinauf, und kam es auf 80 Grad, so zeigten sich
auch Glastafeln und Scheiben, mit Oelfirnifs überzogen, be-
netzt, Metallplatten aber, hohe Gesträuche und Bäume blie-
ben trocken. 3) Nahm die Feuchtigkeit noch mehr zu, so
dafs das Hygrometer sein Maximum bis 100 Grad erreichte,
dann wurde jeder der Luft ausgesetzte Körper nafs. Der Thau

ne also hiernach nicht von einem freiwilligen Niederschlage Luft herrühren, vielmehr müfsten bei einigen Körpern eithümliche Ursachen der Benetzung vorhanden seyn, deren findung er von der Verbesserung der Hygrometer erwar-. In Beziehung auf die Elektricität glaubte er, dafs der u einen Leiter abgebe, welcher die Elektricität der oberen t der unteren zuführe.

Auch Hube[1] hat das Problem des Thauens ausführlich, r im Sinne der Auflösungstheorie behandelt. Hiernach bet der Thau nicht aus niedergeschlagenem Wasserdampfe, dern aus nicht aufgelösten Wasserbläschen, weil sich die rme nicht zeige, die den Niederschlag des Dampfes zu leiten pflege, und das Wasser des Thaues so unrein in Verchung mit Regenwasser sey (?). Solche unaufgelöste chen könnten nur in Folge schneller Verdunstung bei nzen u. s. w. entstehn, statt dafs die langsame Verdamig bei grofsen Wasserflächen den Bläschen Zeit zur völli-Auflösung gebe. Daher thaue es in den gemäfsigten Zonur auf dem Lande, aber nicht auf dem Meere, statt dafs er heifsen überall Thau falle. Die Erkältung der Atmoire fange von unten an, und daher würden von Körpern in chiedenen Höhen über einander die untersten vorzugsweise tzt und die Feuchtigkeit hänge sich am stärksten an die ren Flächen. Gegen Morgen erkalte auch die obere Luft, Bläschen senkten sich gegen die Erde und selbst ein schwa-Wind befördere ihre Anhäufung, während der Nacht aber kein Thau, weil sich dann die Bläschen schon hinlängerhoben hätten. Den Thau auf Pflanzen hält er für keieigentlichen Thau, sondern nur für Schweifs aus den Geisen, welcher nicht an die Luft übergehe, er zeige sich r am stärksten auf bedeckten Pflanzen, welche dadurch ier erhalten würden, während die eingeschlossene Luft mit Feuchtigkeit überladen sey. Man ersieht hieraus, dafs t die Thatsachen nach seiner Theorie modificirte, statt factische zuvor genau zu ermitteln. Die Elektricität ist ihm bei der Thaubildung mehr bedingend, als irgend nderer Physiker annimmt. Es soll die positive Elektricität

---

[1] Ueber die Ausdünstung und ihre Wirkungen. Leipz. 1790. 8. 15. u. 36.

der Luft und der Bläschen durch Kälte verstärkt werden, und so nähern sich die letzteren allen nicht elektrischen Körpern und hängen an ihnen fest, so dafs ohne diese elektrische Anziehung keine Thaubildung statt finden kann, wenn nämlich am Tage die positive Elektricität der Luft schwach war und Wolken sie ihr raubten. Nicht isolirte Leiter ziehn die Bläschen an und rauben ihnen ihre Elektricität, polirte Metallflächen dagegen nehmen die Feuchtigkeit nicht in sich auf und diese bleibt daher an der Luft zurück; isolirte Leiter dagegen erhalten bald die Elektricität der Bläschen, stofsen diese zurück und bleiben trocken, wie z. B. eine Metallplatte auf Glas, die nicht blofs selbst trocken bleibt, sondern auch einen schmalen sie umgebenden Rand der Glasplatte gegen Benetzung schützt. Isolirte oder auf schlechten Leitern ruhende Nichtleiter ziehn die Bläschen an, ohne ihre Elektricität anzunehmen, und sie werden daher in Folge der elektrischen Anziehung und der Adhäsion fortdauernd bethaut, wie man dieses bei Glas, Porzellan, Seide, Wolle u. s. w. auf Holz und Glas wahrnimmt. Liegen aber die Nichtleiter auf isolirten guten Leitern, so können sie auf der untern Seite — E. annehmen, dadurch der Luft + E. entziehn, also die Bläschen abstofsen, und müssen trocken bleiben, wie du Fay an einer auf Glas liegenden Metallplatte wahrnahm. Man ersieht bald, dafs Hube weder die Thatsachen gehörig beachtet, noch die Theorie mit hinlänglicher Schärfe in Anwendung gebracht hat, und dennoch fand seine Hypothese viele Verehrer.

Sie fand indefs einen gewiegten Gegner an Lampadius[1], welcher während seiner Studienzeit in Göttingen theils die Auflösungs-Hypothese bekämpfte, theils durch eigene Versuche das angenommene elektrische Verhalten der Körper und des sie benetzenden Thaues widerlegte. Nach ihm werden die durch Wärme expandirten Dämpfe, die von der Erde aufsteigen, in der Luft zersetzt und legen sich dann als tropfbar flüssig an verschiedene Körper an. Die Ungleichheit des Bethauens der verschiedenen Körper suchte er durch Versuche zu bestimmen. Glasscheiben, in ungleichen Höhen auf

1 Versuche und Beobachtungen über die Elektricität und Wärme der Atmosphäre. 1793. S. 64.

gen, zeigten sich sämmtlich feucht, die tieferen und die izontalen am meisten. Bei einer 4 Quadratzoll haltenden sscheibe, mit einem aufliegenden Stanniolblättchen von 2 idratzoll, auf abgeschnittenem Grase liegend, blieb das nniol trocken, das unbedeckte Glas aber zeigte sich nafs, auf einen das Stanniol umgebenden Raum von 7 bis 9 Li-; am Morgen aber war Alles bethaut, die Glasfläche je-h auffallend stärker. Eine ganz mit Stanniol bedeckte splatte, 0,5 Quadratfufs grofs, 4 Fufs über der Erde hori-tal aufgehangen und mit einer darauf liegenden kleinen Glas-eibe und einer Glasstange, zeigte sich am Morgen ganz ken, die kleine Scheibe aber und die Stange waren be-it. Ein anderes Mal zeigte sich auf der grofsen Platte, leich sie über abgeschnittenem Grase lag, gar keine Feuch-eit, während alle umher liegende Glasplatten stark bethaut en, die kleinere Platte mit dem Stanniol[1] war auf beiden ten, so weit das Stanniol reichte, und auf der oberen dicht diese herum nicht bethaut. Lampadius scheint der Erste esen zu seyn, welcher auf den wichtigen Temperatur-erschied der Erde und der über ihr befindlichen Luft-icht aufmerksam wurde. So fand er am 10ten Juli gleich h Sonnenuntergang die Wärme der Luft 17° R., die der Erde r 19°,7, später für erstere 17°, für letztere 15°, am Mor-aber 9° und 12°. Am 23. Juli war nach Sonnenuntergang Temperatur der Luft 8°, die der Erde 11°,5. Am 11. Juli en nach Sonnenuntergang beide Temperaturen gleich, näm-18°, und etwas später um 10 Uhr wichen sie nur um i von einander ab, am Morgen aber war auch dieser Un-hied verschwunden und es hatte die Nacht gar nicht ge-t, wie denn auch das Hygrometer nur um 9° weiter zur chtigkeit gegangen war. Warum Metalle vom Thau frei en, glaubte Lampadius nicht entziffern zu können, doch chtigten ihn seine Versuche, dieses nicht der Elektricität zmessen.

Alles in Beziehung auf die Thaubildung, mindestens in and, Bemerkenswerthe ist von Wells[1] in einem solchen

An essay on Dew and several appearances connected with it. ill. Charl. Wells. Sec. edit. Lond. 1815. W. C. Wells Ver-über den Thau und einige damit verbundene Erscheinungen. Bd.

Umfange beobachtet, dafs kaum noch eine höchst spärliche Nachlese in diesem Gebiete übrig bleibt, wie dieses ganz allgemein angenommen wird, wenn auch die darauf gebaute Theorie von einigen, wiewohl sehr wenigen Physikern in Zweifel gezogen worden ist, und es versteht sich daher von selbst, dafs sowohl die Thatsachen als auch die daraus entnommene Theorie hier ausführlich mitgetheilt werden. In wolkigen und windigen Nächten fällt kein Thau, dagegen ist die Menge desselben der Heiterkeit des Himmels proportional, wenig scheint gänzliche Windstille nothwendige Bedingung, indem vielmehr ein gelinder Luftzug zuweilen befördernd zu wirken scheint. Das Thauen beginnt schon vor Sonnenuntergang, jedoch ohne Bildung eigentlicher Tropfen, und ebenso dauert es Morgens nach Sonnenaufgang fort, jedoch kürzere Zeit als am Abend, an schattigen und geeigneten Stellen aber dann gerade am stärksten. Dafs der Niederschlag die ganze Nacht hindurch fortdauere, bewiesen einzelne Stücke Wolle, die von Stunde zu Stunde in thaureichen Nächten ausgelegt wurden, durch ihre Gewicht-Vermehrung. Im Ganzen gleicht die Bethauung genau dem Absetzen des etwas wärmeren Wasserdampfes auf kälteren Körpern, indem zuerst ein feiner Ueberzug gebildet wird, aus welchem allmälig gröfsere und immer gröfsere Tropfen entstehn. Nach vorausgegangenem Regen und bei feuchten Winden ist unter übrigens gleichen Umständen die Thaubildung am stärksten, und so scheint auch, übereinstimmend mit einer Bemerkung von De Luc[1], ein niedriger Barometerstand befördernd zu wirken. Im Frühling und noch mehr im Herbst ist die Menge des Thaues am stärksten, vorzüglich in hellen Nächten, denen am Morgen Nebel folgt, oder an hellen Morgen nach einer trüben Nacht. Wird die Luft am Tage stark erwärmt, so folgt reichlicher Thau und im Allgemeinen am reichlichsten zwischen Mitternacht und Sonnenaufgang, obgleich dabei der schon vorher erfolgte Niederschlag hinsichtlich der gebildeten absoluten Menge von Thau berücksichtigt werden mufs.

Nach der 3ten engl. Ausgabe übersetzt von J. C. Horner. Zürich 1821. Dem wesentlichen Inhalte nach in Journ. de Phys. T. LIII p. 80. 85. 102. 171. 330.

1 Recherches sur les Modif. de l'Atmosph. §. 725.

Bei der Angabe der sonstigen Bedingungen des Bethauens
bindet Wells seine Theorie mit den Thatsachen, indem
sagt, dafs Alles, was die freie Aussicht des Himmels, von
Stelle des ausgesetzten Körpers betrachtet, beschränkt, die
ge des auf denselben fallenden Thaues vermindere. Liefse
z. B. darthun, dafs eine das Thauen befördernde Bedin-
g in dem freien Herabsinken der oberen kälteren Luft-
chten liege, so würden die von ihm gemachten Erfahrun-
auch hierzu sehr gut passen. Ein Büschel Wolle, auf ei-
mit Oelfarbe angestrichenen 4,5 F. langen, 2 F. breiten
1 Z. dicken, auf 4 Pfählen in 4 F. Höhe horizontal über
r Rasenfläche ruhenden Brete liegend, gewann in einer
ht 14 Grains, ein gleicher unter demselben befestigter nur
rains, in einer andern Nacht waren die Zunahmen beider
und 6, in einer dritten 11 und 2, in einer vierten 20 und
Ein Büschel Wolle mitten unter einem dachförmig zusam-
gebogenen und über kurzem Grase umgestürzten Peppbo-
nahm nur um 2 Gr. zu; während ein anderer, ihm glei-
, nicht fern davon liegender 16 Gr. schwerer wurde. Lag
Büschel senkrecht unter der Giebelecke des genannten Da-
, so vermehrte sich sein Gewicht um 7, 9 und 12 Grains,
rend der ganz frei liegende um 10, 16 und 20 Gr. zu-
n. Ein hohler thönerner Cylinder von 2,5 F. Höhe und
Durchmesser, auf eine Grasfläche gestellt, schützte den
chel Wolle, welcher an seinem unteren Ende auf dem
e lag, so sehr, dafs er nur 2 Grains Gewichtszunahme
elt, während ein gleicher freiliegender 16 Grains Zunahme
te. Lagen die Büschel Wolle mitten auf dem oben ge-
nten Brete, so betrug ihre Gewichtsvermehrung 19 und
Grains, während sie in gleicher Höhe frei schwebend auf-
ngen nur 13 und 0,5 erhielten. Ein bedeutender Einflufs
Bodens zeigte sich dadurch, dafs gleiche Büschel Wolle auf
, Gartenerde und Kiessand liegend unter sonst gleichen
ngungen um 16, 8 und 9 Grains an Gewicht zunahmen. Es
hierbei bemerkt werden, dafs Kieswege nicht bethauten,
rand dagegen auf dem angestrichenen Brete feucht wurde,
ie auch mit Oelfarbe überzogene Thüren Thau zeigten.
ls weifs die Ursache hiervon nicht anzugeben, ein be-
nder Umstand dabei aber ist, dafs lockerer Kiessand die
htigkeit einsaugt, die Oelfarbe des Bretes aber dieses hin-

dert. Hiermit übereinstimmend ist die Erfahrung, dafs ein Büschel Wolle auf diesem Brete liegend stärker bethaute, als freihängend oder selbst auf Gras. Die Menge des Thaues wächst mit Vermehrung der Oberfläche, indem sie bei Holzspähnen größer ist, als bei einem dicken Stücke Holz, und bei feiner roher Seide, so wie bei feiner unbearbeiteter Baumwolle stärker, als bei der grob-faserigen Wolle, deren sich Wells bediente. Dafs Metalle so gut als gar nicht bethauen, die meisten übrigen Körper aber, mit Rücksicht auf die eben angegebene Bedingung, fast gleich-mäfsig, sucht Wells aus einer eigenthümlichen Beschaffen-heit derselben abzuleiten. Metalle sind so unfähig zur An-nahme des Thaues, dafs selbst benetzte trocken werden, wäh-rend andere Körper Thau aufnehmen, und dafs auf ihnen lie-gende Wolle nur unbedeutend an Gewicht zunimmt, während frei aufgehangene oder noch mehr die neben den Metallen auf Gras hingelegte eine starke Gewichtsvermehrung zeigt. Ob die Dicke der Metalle auf ihren Widerstand gegen die An-nahme des Thaues einen Einflufs habe, ist durch Wells nicht ausgemittelt worden, eine grofse Platte, aber auf Gras liegend, wi-dersteht stärker als eine kleine, in der Höhe frei aufgehangen dagegen diese mehr als jene. Wichtig sind noch folgende Versuche. Auf ein Kreuz aus 4 Z. langen, ½ Z. breiten und 1 Lin. dicken Holzstäbchen wurde ein quadratisches Stück Goldpapier, die blanke Seite nach oben, geklebt und dasselbe 6 Z. über dem Boden horizontal aufgehangen; die Stäbchen bethauten, das Goldpapier blieb trocken. Grofse Metallschei-ben nahmen auf Gras liegend weniger Thau auf, als einige Zoll hoch auf dünnen Stäbchen ruhend; bei kleinen schien dieses umgekehrt. Eine mit Metallfolie belegte Glasscheibe wird auf der oberen freien Seite ebenso bethaut, als ob sie ohne Folie wäre, und eine Metallplatte auf Gras bethaut an ihrer unteren Seite, in einiger Erhöhung dagegen werden beide Seiten entweder bethaut oder nicht, wobei noch die Art des Metalles einen Unterschied macht, indem Platin den Thau leichter aufnimmt, als Gold, Silber, Kupfer und Zinn, dage-gen Eisen, Stahl, Zink und Blei schwerer, als die vier ge-nannten Metalle. Dafs die Metalle hiernach und nach der An-sicht von Le Roy und de Saussure überhaupt gegen An-nahme des Wasserdampfes unempfindlicher seyn sollten, als andere Körper, glaubt Wells für unstatthaft halten zu müssen

l sie, dem Wasserdampfe ausgesetzt, gleich viel davon
ahmen, als Glas; allein bei diesem Versuche waren die
talle und das Glas kälter, als der muthmafslich heifse Was-
lampf, die Frage aber ist, ob die Metalle unter den Be-
gungen des Thauens ihre Wärme auf gleiche Weise als
ere Körper verlieren.

Neben diesen Erscheinungen verdienten vorzüglich die
nperaturverhältnisse der Erde, der Luft und der verschie-
en Körper während des Thauens eine nähere Beachtung,
Wells ihnen zuzuwenden keineswegs versäumt hat, in-
r er sich feiner Thermometer mit etwa 2 Lin. im Durch-
ser haltenden Kugeln und hölzernen oder elfenbeinernen,
telst Scharnieren umzulegenden Scalen bediente. Das Gras
in heiteren und stillen Nächten stets kälter, als die Luft
Höhen von 1 Zoll bis 9 Fufs über demselben, meistens
r wurde der Unterschied nur in einer Höhe von 4 Fufs
essen und betrug 3; 3,5 bis 4° R., ausnahmsweise noch
hr, und einmal als Maximum 6°,3 R. Bei einem zur Er-
telung des Temperaturunterschiedes verschiedener Körper
ichtlich angestellten Versuche hing Wells ein Thermo-
ter 4 Fufs über dem Boden frei auf, ein zweites umgab er
einem Büschel Wolle und legte es auf das in 4 Fufs Höhe
ende Bret, ein drittes lag ebendaselbst, die Kugel in den
am einer Schwanenbrust gesteckt, ein viertes lag auf dem
te und ein fünftes im Grase. Alle fünf zeigten an dem
iz heiteren Abende eine ziemlich gleichbleibend verhältnifs-
fsige, mit der Zeit abnehmende Wärme und standen z. B.
7 Uhr 20 Min. das erste auf 12°,0, das zweite auf 8°,7,
dritte auf 8°,4, das vierte auf 10°,4, das fünfte auf 7°,7 R.
Erkaltung des Glases begann schon am Nachmittage bei
ehmender Tageswärme; in wolkigen und windigen Nächten
egen waren die Temperaturen des Grases und der Luft
ch oder das Gras sogar wärmer. Wurde der Himmel nach
ausgegangener Heiterkeit wolkig, so erhielt die Wärme des
ses eine schnelle und unerwartet grofse Vermehrung, die
t während anderthalb Stunden 4° R., ein andermal wäh-
d 45 Minuten 6°,7 R. ausmachte, da indefs die der Luft
2° betrug. In einer Nacht war die Wärme des Grases
0° R., der Himmel bewölkte sich und in 20 Minuten stieg
Wärme auf 3°,1, fiel aber in gleich langer Zeit wieder

auf 0°, als der Himmel sich aufklärte. Dieses Resultat war unter vielen Fällen, wobei die Wärme des Grases mit der Trübung des Himmels stieg und nach wiederkehrender Heiterkeit herabsank, das stärkste. Eintretender Wind machte den Unterschied beider Temperaturen geringer, m aber ganz verschwinden. Allgemein zeigten die Thermometer da den niedrigsten Stand, wo die Thaubildung am stärksten war, also war es in der Wolle oben auf dem beschriebenen Brete 4° R. tiefer, als in der Wolle unter demselben, und unter dem Dache von Pappe, so wie im thönernen Cylinder 4°,1 höher, als in der Umgebung. Ferner zeigte das Thermometer in dem Büschel Wolle auf dem Brete 5°,4 R., ein anderes in einem gleichen Büschel und in gleicher Höhe frei aufgehangen 7°,1. Wells spannte in hellen Nächten an den Enden von vier dünnen Stöcken, die in die Erde gesteckt waren, etwa 6 Zoll hoch über dem Boden, ein dünnes leinenes Tuch von etwa 2 F. Seite horizontal aus, und fand das darunter befindliche Gras stets wärmer, als das benachbarte freie. War die Luft einige Fuſs hoch über dem Boden nur um 7° R. wärmer, als das freie Gras, so hatte das geschützte unter dem Tuche mit der Luft gleiche Wärme; einst aber war das freie Gras 5° R. kälter als die Luft, das geschützte nur 3°,5, und einmal war das geschützte Gras sogar 5° wärmer als das freie. Eine 6 Fuſs hoch über dem Boden ausgespannte Schiffsflagge, 8 Fuſs lang und ebenso breit, von äuſserst lockerem Gewebe, gewährte einen gleichen Schutz, jedoch muſs eine solche schützende Decke nicht mit dem Grase in Berührung seyn; denn das von ihr berührte Gras war um 1°,5 kälter als das, über welches das Tuch in einiger Höhe schwebte. Ferner hing Wells an zwei Stöcken senkrecht auf die Richtung des Windes ein vertical herabgehendes und unten das Gras berührendes Tuch auf. Mehrere Nächte zeigte ein an der Windseite auf dem Grase liegendes Thermometer 1°,7 bis 2°,7 mehr Wärme, als ein in der Nähe frei auf dem Grase liegendes. Der oben erwähnte Kiesweg und die lockere Gartenerde zeigten stets eine höhere Wärme, als das kurze Gras des Rasens, zuweilen selbst eine höhere als die der Luft. Einmal war der Unterschied beider bedeutend, der Himmel wurde trübe und der Unterschied verminderte sich dadurch, daſs der Kies kälter, das Gras wärmer wurde. Wells fügt dieser Beobachtung hinzu

die Ursache der gröfseren Wärme des Kieses nicht sei-
Natur, sondern seiner Lage beizumessen sey, indem er
dem beschriebenen Brete liegend in vier der Erkaltung
tigen Nächten sich 3°,42, 3°,42, 3°,55 und 3°,78 R. kälter
e als die Luft. Die Erde 0,5 oder 1 Zoll unter dem Grase
stets wärmer als das Gras, der Unterschied betrug 3°,66,
, 4°,44 und zweimal sogar 5°,33 bis 7°,11. Wenn in der
t London auf dem Dache des Hauses Wolle auf einem
men liegend der Bethauung ausgesetzt wurde, so zeigte
diese eine geringere Temperatur, als die umgebende Luft,
betrug der Unterschied nur 1°,33 und stieg nur einmal
2°,22 R.; auf einem Gartenhause auf dem Lande in einer
en Gegend war der Unterschied nicht gröfser. Unvoll-
mene Versuche ergaben, dafs die Metalle nicht so wie das
s und bethauende Körper kälter werden, aber selbst die
in der Luft hängenden Thermometer zeigten eine bis
hstens 1°,75 R. herabgehende geringere Wärme als solche,
mit Goldpapier, die blanke Seite auswärts, umgeben waren.
me Metallplatten von 25 bis 100 Quadratzoll Fläche auf
s liegend waren in der Regel 0°,4 bis 1°,4 wärmer als
Luft in 4 Fufs Höhe, und dann waren sie ohne Thau.
stens waren sie beträchtlich wärmer als das umherstehende
s, es wurde jedoch nicht versucht, ob dieses auch in den
reichsten Nächten statt fand, wohl aber ergab sich, dafs
Unterschied einmal bis 4°,4 R. stieg. Dabei war das Gras
r der Platte stets wärmer als das Metall und die Erde
nter noch wärmer als das Gras. Wurde dagegen das Me-
bethaut, so war es stets kälter als die Luft, und von zwei
en einander auf dem Grase liegenden Metallplatten war die
aute stets kälter als die unbethaute, wobei sich das Gras
r denselben diesem gemäfs verhielt. Metall in einiger Er-
ung über dem Boden wurde bethaut und war dann kälter
das auf dem Grase liegende, jedoch kam die Erkaltung der
alle derjenigen anderer Körper nicht gleich, mit einem ge-
eren Unterschiede bei kleineren Stücken als bei gröfseren.
Allgemeinen ergab sich, dafs unter verschiedenen Körpern
kältesten stets am reichlichsten bethaut waren, allein die
ge des Thaues war nicht allezeit dem Temperatur-Un-
hiede der Luft und des Grases proportional; denn in zwei
hten, in denen dieser 5°,33 und 6°,22 R. betrug, war die

Menge des Thaues nicht so groſs als in anderen, in denen er so hoch nicht stieg; die gröſste beobachtete Menge aber fiel in eine Nacht, wo er nur 1°,3 bis 1°,8 R. erreichte. Sehr ohne eigentliche Bethauung fand in heiteren und stillen Nächten eine Erkaltung des Grases von etwa 1°,25 R. statt. Wells giebt hiervon keinen Grund an, wahrscheinlich weil es sich von selbst versteht, daſs die Feuchtigkeit der Luft oder ihr Gehalt an Wasserdampf eine wesentliche Bedingung des Thaues ist; wenn er aber weiter sagt, daſs er bei gleich hellem und ruhigem Wetter des Morgens allezeit mehr Thau gefunden habe als am Abend, obgleich der Temperatur-Unterschied zwischen Gras und Luft am Abend meistens gröſser war als am Morgen, so ist undeutlich, ob hierbei von der absoluten oder relativen Menge des Thaues die Rede sey. Im ersten Falle ist wohl natürlich, daſs die Menge dieser fortwährend niederfallenden Feuchtigkeit mit der Zeit stets wachsen müsse, was jedoch kaum der Erwähnung werth scheinen muſs, im letzten aber wäre die Erscheinung allerdings räthselhaft.

Wells fügt noch einige Bemerkungen über die Erkaltungsfähigkeit der verschiedenen Körper hinzu, die mir der Beachtung sehr werth scheinen. Gras und namentlich kurz geschorener Rasen erkaltet zwar sehr, aber doch minder stark und mit geringerer Regelmäſsigkeit, als andere faserige und lockere Körper, namentlich feine Wolle, insbesondere rohe Seide, Baumwolle, feiner Flachs und Flaumfedern, welche letztere, noch auf der Haut der Vögel festsitzend, über den Boden ausgebreitet am stärksten erkalteten und sich zum Messen der Temperatur vorzüglich eigneten. Frisches, nicht zerbrochenes Stroh und feine Papierschnitzel kamen der Wolle ungefähr gleich. Eine zweite, minder erkaltende Classe von Körpern bilden feiner Fluſssand, zerstoſsenes Glas, Kreide, Holzkohle, Lampenruſs und brauner Eisenkalk; eine dritte bilden feste Körper von wenigstens 25 Quadratzoll Oberfläche, als Glas, Backsteine, Kork, Eichenholz und Wachs, die einen noch geringeren Unterschied ihrer Temperatur und der der Luft zeigen. Merkwürdig ist das Verhalten des Schnees, welchen schon Wilson[1] kälter als die umgebende Luft ge-

1 Philosophical Trans. 1781.

den hätte, was KIRWAN[1] als eine Folge der gröfseren te in der Region seiner Bildung ansah. WELLS stellte e Messung an frisch gefallenem, 4 Zoll hohem Schnee an .fand dessen Wärme genau wie die der Luft in 4 Fufs be; bei allen späteren Versuchen fand sich die Temperatur schon einige Zeit gefallenen Schnees geringer, als die der t in 4 F. Höhe. Um die Unterschiede schnell zu überken, stelle ich die gemessenen Temperaturen der Luft und Schnees nebeneinander. Sie waren — 2°,7 und — 4°,4; 4°,0 und — 5°,8; — 4°,2 und — 8°,4; — 3°,8 und — 6°7; l°,7 und — 6°,7. Der Boden unter dem Schnee war alle wärmer als der Schnee, was aus der Bodenwärme in land leicht erklärlich ist; Flaumfedern, auf dem Schnee gebreitet, zeigten aber stets eine um etliche Grade tiefere nperatur als der Schnee selbst, auch entsteht die Kälte des teren nicht durch Verdunstung, denn das ihn berührende rmometer stieg augenblicklich, wenn sich ein Wind er-, welcher die Verdunstung hätte befördern müssen.

Viele, welche seit WELLS Versuche über die Erscheigen des Thauens angestellt haben, erhielten im Allgemei- mit den seinigen übereinstimmende Resultate. Dahin ge- t vorzüglich HARVEY[2], welcher Uhrgläser auf polirten nflächen aussetzte und einige derselben mit einem metalle- Ringe umgab. Im ersteren Falle war eine innere Kreis- e frei von Thau, im letzteren war blofs ein Ring des ses bethaut, die innere Kreisfläche aber und der Rand wa- frei. Die Ursache hiervon findet er in der langsameren ühlung des Metalles durch Strahlung, indem überhaupt der u nur dann die Körper benetzt, wenn ihre Temperatur r die der umgebenden Luft herabgegangen ist. Mit WEL- übereinstimmend fand er, dafs Verminderung der Tem- tur und Bethauung aufhörten, sobald eine Wolke über dem der Beobachtung stand. Endlich sah er die Erscheinung Thauens auch noch nach Sonnenaufgang fortdauernd. Bei ren Versuchen mit PRIDHAM war ihm daran gelegen, den lufs der Höhe auf diesen Procefs genauer auszumitteln[3],

1 On Temperatures. p. 30.
2 Journ. of the Royal Institution. Apr. 1834. N. 31. Bibl. univ. I. p. 25. Vergl. Edinb. Journ. of Sc. N. 1. p. 161.
3 Edinb. Journ. of Sc. V. p. 69.

und er verglich daher die gleichzeitigen Erscheinungen auf der Höhe des 110 engl. Fuſs hohen Thurmes der St. Andreaskirche zu Plymouth und auf einer darunter liegenden Wiese. In der Nacht des 21sten Mai war ihm die Gleichmäſsigkeit des Verhaltens verschiedener Körper an beiden Stationen am meisten auffallend. Die Temperatur betrug um 10 Uhr Abends an beiden 8°,44 R. und änderte sich die ganze Nacht hindurch nicht merklich. Gleich groſse Platten von Glas und Zinn wurden auf das Gras und oben auf dem Thurme ausgelegt und auf ihnen gleiche Massen Wolle; am andern Morgen um 5¼ Uhr hatten die beiden unteren eine gleiche Gewichtszunahme von 14 Grains und die beiden oberen eine gleiche von 7,5 Grains erhalten. An einem andern heitern Abend stellte er einen hohlen zinnernen Würfel von 6 Zoll Seite 2 Z. hoch über dem Grase auf und versah ihn an den 4 Seiten und auf der oberen Fläche mit gleichen Büscheln Wolle, fand dann am andern Morgen den oberen Büschel um 15 Grains, die an den Seiten um 5 Grains schwerer, alle 5 Flächen waren gänzlich, aber die oberste am stärksten und die andere nach unten abnehmend mit Thau bedeckt. Bei einer Wiederholung dieses Versuches, als ein mäſsiger Ostwind wehte, erhielt die Wolle auf der oberen Fläche 10 Grains, die östliche Seite 1,5, die westliche 5 und die beiden andern 2 Grains Gewichtsvermehrung.

Einen interessanten Beitrag zur Vermehrung unserer Kenntniſs in Beziehung auf die beim Processe des Thauens zu berücksichtigenden Thatsachen hat Dr. Stark[1] zu Edinburg geliefert. Es schien ihm, daſs Wells den Einfluſs der Farbe der Körper auf die Menge des von ihnen aufgenommenen Thaues nicht genug berücksichtigt habe, indem er bloſs angebe, daſs schwarze Körper stärker bethaut werden als weiſse, und er suchte daher diesen Mangel durch neue Versuche zu ergänzen. In einem derselben erhielt unter übrigens gleichen Bedingungen schwarze Wolle eine Gewichtszunahme von 30, scharlachrothe von 25 und weiſse von 20 Grains, in einem andern schwarze von 10, dunkelgrüne von 9,5, scharlachrothe von 6 und weiſse von 5 Grains, so daſs also alle farbige Wolle mehr Thau aufnimmt als weiſse. Stark betrachtet

1 Philos. Trans. 1833. p. 299.

ieses als Folge stärkerer Strahlung, was wir einstweilen auf ich beruhn lassen, mit der Bemerkung, dafs der Grund des att findenden Unterschiedes gewifs weniger in der Farbe als olcher, als vielmehr in der Mitwirkung der Pigmente zu suben ist, womit die Wolle gefärbt wurde.

Ueber die an verschiedenen Orten statt findenden Unleichheiten des Thauens, namentlich in Beziehung auf das ualitative, lassen sich nur einzelne, vorzüglich in Reisebehreibungen zerstreute Bemerkungen beibringen. So benutzte abine[1] seinen Aufenthalt an der grönländischen Küste, um i einer dortigen Fiörde unter hoher Breite das Phänomen des hauens zu beobachten. Am 25sten August in der Bai von sel Hamkes unter etwa 74° N. B. und 21° W. L. v. G. um Uhr 30 Min. Abends, als die Sonne durch nördlich gelene Hügel bedeckt war, legte er ein Büschel schwarze Wolle f einen Grasfleck und ein mit einem gleichen Büschel Wolle edecktes Thermometer daneben. Ein gleiches Thermometer Fufs über dem Boden unter einem darüber ausgespannten inenen Tuche aufgehangen zeigte — 0°,88 R. und wurde i dieser Temperatur mit Thau bedeckt, das mit Wolle umbene Thermometer auf dem Boden fiel aber bald auf —5°,33. d ebenso tief ging auch ein mit Wolle bekleidetes, in den ennpunct eines polirten Metallspiegels gebrachtes Registerermometer herab. Nach 4,5 Stunden zeigte das Thermomer unter dem leinenen Tuche — 1°,77, das auf dem Grase -5°,33 und das Registerthermometer war auf — 5°,77 R. rabgegangen gewesen, die Wolle endlich hatte bei einem soluten Gewichte von 8 Grains eine Zunahme von 3 Grains halten. Am 28sten Aug. wurden diese Versuche wiederholt, t dem Unterschiede, dafs Wolle und Thermometer während r 6 bis 7 Stunden, in denen die Sonne bedeckt war, ausstellt blieben. Das bedeckte Thermometer zeigte abermals 1°,33, das mit der Wolle — 5°,33 und das Registerthermeter — 5°,77 R., die Wolle aber hatte 5,5 Grains Gehtszunahme erhalten. Am folgenden Tage zeigten die drei ermometer — 0°,88, — 4°,88 und — 5°,77. Der Himmel r allezeit vollkommen heiter. Sabine schliefst hieraus, dafs

1 An account of experiments to determine the Figure of the th by means of the Pendulum. Lond. 1825. gr. 4. p. 419.

das Wasser des offenen Meeres durch Strahlung gleichfalls an seiner Oberfläche auf — 5°,33 herabgehe, in den Förden aber wärmer bleibe, weil die steilen umgebenden Felsen die Strahlung hindern.

Kämtz[1] hat aus dem reichen Schatze von Erfahrungen, die ihm seine grofse Belesenheit in den Reisebeschreibungen verschaffte, verschiedene interessante Thatsachen über die ungleiche Menge des in verschiedenen Ländern fallenden Thaues zusammengestellt, die ich hier mitzutheilen keinen Anstand nehme. Nach den über Verdampfung und Niederschlag bestehenden Gesetzen mufs die Menge des Thaues mit abnehmender Polhöhe wachsen und daher unter dem Aequator oder vielmehr in der äquatorischen Zone am stärksten seyn, vorausgesetzt, dafs der Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre daselbst überhaupt ein sehr gesättigter ist, also auf Inseln und in Küstenländern. Am bekanntesten in dieser Beziehung ist die ältere, oben bereits erwähnte Nachricht von Shaw[2], dafs in Arabien ungemein reichlicher Thau fällt, und ebendieses soll zu Suakim am rothen Meere statt finden[3]; zu Tor am Golf von Suez ist der lehmige Boden alle Morgen vom Thau schlüpfrig[4] und in Alexandrien werden Kleider und Terrassen wie vom Regen benetzt[5]. Ebenso häufig ist der Thau im persischen Meerbusen[6] und die Schiffer erkennen ihre Annäherung an die Küste Coromandel aus dem reichlichern Thau[7]. Auf Trinidad sammelte Dauxion Lavaysse[8] vom 2ten Dec. bis 1sten Mai den Thau vermittelst Schwämmen und fand hierdurch die Menge des gefallenen Thaues während dieser fünf Monate = 6 Z., aber auch in der trockenen Jahreszeit sind alle Morgen die Pflanzen gänzlich benetzt. Reichlicher Thau fällt ferner in Chili[9], er fehlt dagegen gänzlich auf der

1 Lehrbuch der Meteorologie. Th. I. S. 355.

2 Bergmann physik. Beschreib. d. Erdk. Th. II. S. 27.

3 Burckhardt Nubia. 423.

4 Rüppell Reisen. S. 186.

5 Volney Voyage. T. I. p. 51.

6 Ker Porter Travels T. II. p. 123.

7 Le Gentil Voyages T. I. p. 625.

8 Reisen nach den Inseln Trinidad, Tabago und Margaretha. Weim. 1816. S. 68 u. 76.

9 Molina Naturgeschichte von Chili. S. 17.

sgedehnten wasserlosen Ebenen im Innern der großen Conente, und daher gerade unter niederen Breiten, weil sich r dort solche befinden, z. B. in Brasilien[1] in den Prozinn Bahia, Goyaz, Pernambuco und Ceará; ebenso zeigt sich n den Bergen Gilan's und Mazanderan's an bis zum persihen Meerbusen und von den Seeen Van und Urmia bis schmir im Sommer keine Spur von Thau[2], auf dem Wege n Aleppo bis Orfa fand Buckingham[3] am Ende Mais und Anfang des Juni keinen Thau; auch klagen die Reisenden, lche die Wüste Gobi durchwandern, zwar sehr über die emdliche Kälte der Nacht, erwähnen aber nie den gefallen Thau, so wie Elphinstone in der Beschreibung seiner ise nach Cabul. Dafs es daher noch viel weniger in der üste Nubiens und der Sahara thauen könne, versteht sich n selbst, doch erwähnt Denham[4], dafs die Kleider der isenden vom Thau durchnäfst wurden, als sie in die Nähe s Sees Tsad kamen. In Persien[5] thaut es in feuchten Nierungen nur schwach, ebenso in der Nähe des Euphrats[6] d Nils[7]; in der Nähe der Seeen Pensylvaniens[8] aber sehr rk. Ein merkwürdiger Umstand ist, dafs auf den Korellenseln der Südsee gar kein Thau fällt[9], auch geht die Temratur dort bei Nacht weit weniger herab, als auf andern, nig davon entfernten und gleichfalls niedrigen Inseln von tem Gestein. Kämtz gesteht zu, dafs diese Inseln wegen res lockeren Gefüges ein vorzüglich starkes Strahlungsvergen haben und somit stark bethaut werden müfsten; er fint aber den Grund der Abwesenheit des Thaues in der Kleinit ihrer Oberfläche und in dem Umstande, dafs die durch ahlung erzeugte Verminderung der Temperatur durch die ärme des Meeres wieder ausgeglichen wird; allein auf eben-

1 Spix und Martius Reise. Th. II. S. 624.
2 Olivier Persien. Th. I. S. 123 u. 145.
3 Mesopotamien. p. 61.
4 Narrative. p. 47.
5 Morier second Journey. p. 154.
6 Olivier Persien. Th. II. S. 225.
7 Bruce Reisen. Th. III. S. 713. Pocock's Beschreibung d. Morlandes Th. I. S. 305.
8 Ellicot in G. XXXII. 325.
9 v. Chamisso in Kotzebue's Reise Th. III. S. 88. 123.

so kleinen und kleineren Inseln aus festem Gestein findet reichlicher Thau statt, und über den sandigen Ufern des persischen und arabischen Meerbusens, so wie über den Küsten der Nordsee, wo die Verbindung mit dem Meere sowohl hinsichtlich der Oberflächen als auch des eindringenden Wassers, so nicht minder über den Mooren und Brüchen des nördlichen Deutschlands, wo eine mehr oder weniger dicke und lockere Erdkruste auf dem Wasser ruht, findet im Gegentheil vorzüglich starke Thaubildung statt. Hiernach bleibt also die eigentlich schwierige Frage, warum auf jenen Korallen-Inseln eine geringere oder gar keine Strahlung statt finde, immer noch unbeantwortet. Auf dem Meere endlich thaut es nur sehr und in sehr geringer Menge, weil die Temperatur des Meeres und demnach auch die der angrenzenden Luftschicht geringen Aenderungen unterworfen ist, theils wegen der grofsen specifischen Wärmecapacität des Wassers, theils weil die erkalteten Theile sofort niedersinken und den aufsteigenden wärmeren Platz machen.

B. Theorie.

Die älteren, zur Erklärung der Phänomene des Thaues aufgestellten Theorieen sind oben bereits gelegentlich erwähnt worden, und sie verdienen keine ausführliche Erörterung, da sie auf eine unzulässige Kenntnifs der Thatsachen gegründet wurden; es mufs daher nur noch die von Wells gegeben hier mitgetheilt werden. Bei dieser liegen folgende Hauptsätze zum Grunde. Zuerst rührt die ungleiche Menge des auf gleichartige, aber in verschiedener Lage gegen den Himmel sich befindende Körper abgesetzten Thaues von dem verschiedenen Grade ihrer Erkaltung her, und es ist diese Kälte keine Folge des Thauens, sondern vielmehr Ursache desselben. Dabei ist aber zweitens der hygrometrische Zustand der Luft eine Hauptbedingung, indem bei gleicher Temperaturverminderung die Menge des Thaues der Menge der in der Luft befindlichen Feuchtigkeit proportional gefunden wird. Aus dieser Ursache ist die Menge des Thaues im Sommer gröfser als im Winter. Ferner findet stets ein Fortschreiten, wenn auch nur ein geringes, der Lufttheilchen statt, und da diese somit allmälig alle ihre Feuchtigkeit abgeben, so liegt hierin der Grund

wegen die Körper auf dem 4 Fuſs erhobenen Brete stärbethauen, als das Gras des Bodens, obgleich die Bethauung letzteren früher beginnt; denn die mit der Wolle auf dem te in Berührung kommenden Lufttheilchen konnten vorher it so viel Wasser absetzen, als die über das Gras hinichenden. Hygrometrische Substanzen sind der Bedingung Erkaltens ebenso als sonstige Körper unterworfen und sen daher einen höheren Grad der Feuchtigkeit, als wel- r wirklich statt findet, anzeigen, was mit den Erfahrun- von DE SAUSSURE und DE LUC vollkommen übereinmt.

In Folge dieser Thatsachen und in Gemäſsheit der Anten von PREVOST stellt WELLS wörtlich folgende Theorie Thauens auf. „Man nehme an, daſs ein kleiner, die Wär- frei ausstrahlender Körper, welcher so, wie die umgende Atmosphäre, wärmer als 0° R. sey, bei heller und ruger Luft auf eine im Freien liegende, die Wärme wenig rtleitende Fläche gelegt werde, und stelle sich vor, daſs er demselben in irgend welcher Höhe in der Atmosphäre ne feste Eisdecke schwebe. Die Folge wird seyn, daſs r Körper sehr bald kälter seyn wird als die umgebende ft. Denn da seine Wärme nach oben ausstrahlt, so wird vom Eise dagegen nicht so viel eintauschen, als er abbt; ebenso kann er auch von der Erde keinen Ersatz erlten, weil ein schlechter Wärmeleiter ihn von derselben nnt. Von der Seite her kann ihm die unbewegte Luft enso wenig das Abgehende zuführen; er muſs also nothndig kälter werden als die Luft, und wenn diese hinglich mit Dünsten beladen ist, dieselben auf seiner Oberhe verdichten. Genau so ist der Hergang der Sache beim thauen des Grases in einer hellen und ruhigen Nacht. Die ren Theile des Grases strahlen ihre Wärme in die Regio- des leeren Raumes aus, von wo ihnen keine Wärme zukkommt, und die unteren lassen wegen ihrer geringen ärmeleitung nichts von der Wärme der Erde durch; die gebende Luft liefert nur unbedeutenden Ersatz, und so ſs das Gras sich unter die Temperatur der umgebenden ft erkalten und dadurch die Dünste an sich niederschla- ı."

WELLS fügt dieser einfachen Darstellung seiner Theorie

noch einige Betrachtungen hinzu, die zur Erläuterung und zur Begründung derselben dienen sollen. Dahin gehören die Versuche, aus denen man eine Strahlung der Kälte zu folgern sich berechtigt glaubte, und die Bemerkung, dafs die Sonne am Tage durch Zuführung von Wärmestrahlen stets mehr Wärme erzeuge, als durch Strahlung gen Himmel verloren gehe, welcher Zuflufs von Wärmestrahlen, wenn auch in geringerem Mafse, selbst an trüben und nebligen Tagen fortdaure. Dem Wärmeverluste durch Strahlung wirken andere Bedingungen entgegen, als namentlich die Zuführung der Wärme aus der Erde, die von andern umgebenden Körpern ausstrahlende Wärme, die von der Luft zugeführte und die durch den niedergeschlagenen Wasserdampf abgegebene, deren quantitatives Verhältnifs bis jetzt noch nicht durch Versuche bestimmt werden konnte; dennoch aber ist der durch Strahlung erzeugte Verlust immer noch ausnehmend grofs. WELLS berechnet diese Wärmeverminderung auf 8 bis 9° R., wenn man berücksichtigt, dafs nach den Versuchen von SIX die Wärme der Luft in 200 F. Höhe um 1°,77 bis 2°,25 wärmer ist, als in der Nähe der Erdoberfläche. Sammelte sich die durch die Sonnenstrahlen erzeugte Wärme stets an, so würde sie einen enormen Grad erreichen, und es ist also eine wohlthätige Einrichtung der Natur, dafs jene durch Strahlung wieder entweicht, aber noch wohlthätiger ist, dafs dieses den erquickenden Thau erzeugt, welcher am reichlichsten auf diejenigen Körper niederfällt, die seiner am meisten bedürfen und diese noch obendrein durch die aus dem niedergeschlagenen Wasserdampfe frei werdende Wärme gegen den Nachtheil der Kälte geschützt werden.

Die Erkaltung der Körper durch die ihnen eigenthümliche Wärmestrahlung wird vermindert, wenn die umgebenden Körper durch Ausstrahlung ihrer Wärme jenen stets neue zusenden, wie dieses namentlich durch Häuser und Mauern geschieht. Auf welche eigenthümliche Weise die Wolken eine gleiche Wirkung zeigen, ist zwar durch Versuche nicht auszumitteln, „allein man darf der gegebenen Erklärung zufolge „mit Sicherheit annehmen, dafs dieses von der Wärme herrühre, welche sie der Erde zurücksenden zum Ersatz dessen, „was von dieser ausgestrahlt und von jenen aufgefangen wurde." Wenn also die Bewölkung des Himmels das Th

ometer zum Steigen bringt, so ist dieses nicht Folge der nie-
rgeschlagenen Dämpfe, weil die hierdurch erzeugte Wärme
:h bald zerstreuen müfste, das Niederfallen des Thaues aber
: ganze Nacht hindurch gehindert wird. Dichte und nahe
er der Erde schwebende Wolken senden der Erde ebenso
le Wärme zurück, als sie durch Strahlung von ihr erhal-
t; hohe Wolken thun dieses weniger, und daher kann bei
em Vorhandenseyn dennoch eine Erkaltung des Bodens statt
len. Nebel haben ein geringeres Vermögen, die Wärme-
ahlung zu hindern, und daher fand WELLS bei einem dicken
bel einst den Boden 4° R. kälter als die Luft, was daraus er-
rlich werden soll, dafs nach LESLIE's[1] Erfahrung Nebel die
irmestrahlen der Sonne zum Theil durchlassen, mithin auch
Erfolg der Strahlung von der Erde aufwärts nicht ganz
heben können; einiges Hindernifs verursachen sie aber al-
lings, denn unter gleichen Umständen, als in der nebeli-
Nacht, betrug der Unterschied der Temperatur des Bo-
s und der Luft 6° und 6°,5 R. Bedingend wirkt zugleich
Zuführung der Wärme von andern Körpern, insbesondere
compacten und gut leitenden, worauf der Umstand be-
t, dafs kleine Massen Kiessand auf dem Brete stärker er-
lten, als der Kiesweg. Beim Winde strahlen die Körper
so viele Wärme aus, als ohne denselben; allein es wird
h ihn stets neue warme Luft herbeigeführt, was daher,
n dieselbe mit Dünsten überladen ist, eine Vermehrung
Thaues bewirken kann. Am stärksten ist die Erkaltung
leinen Vertiefungen, weil dort die Luft ruhiger ist und
r keine wärmeren Lufttheilchen herbeigeführt werden, zu-
h aber durch baldige Aufnahme alles vorhandenen Was-
nstes nicht stets neue Wärme aus dem wässerigen Nie-
hlage hervorgeht. Hiermit zusammenhängend ist die be-
te Eisbildung in Indien und die Erfahrung, dafs in Nie-
gen die sogenannten Nachtfröste mehr schaden als auf
hen. Um dieses allerdings sonderbare Phänomen zu er-
, dessen Ursache LESLIE im Niedersinken kalter Luft-
n findet, sucht WELLS zu beweisen, dafs die Luft ver-
st der in ihr befindlichen Sonnenstäubchen von den durch-
den Lichtstrahlen Wärme aufnimmt, mithin auch wieder

[1] Ueber Wärme und Feuchtigkeit. 1813. 8. S. 57.

ausstrahlt, weil alle die Wärme am leichtesten durchlassenden Körper auch am stärksten strahlen. In heiteren Nächten strahlt die Erde am stärksten, die Luft weniger, aber Letztere giebt dann der Erde durch Strahlung gleichfalls Wärme ab, ist daher bei Nacht in größseren Höhen stets wärmer als nahe über der Erde, wie für 220 Fuſs Höhe aus den Versuchen von S[illegible] hervorgeht, wovon dann auf gröſsere Höhen geschlossen werden kann. Zugleich kommt hinzu, daſs auf Hügeln stets einige Luftbewegung statt findet, wodurch wärmere Massen beiströmen. Ebendaher thaut es auf Hügeln weniger als in Niederungen, wobei zugleich der geringere Feuchtigkeitsgehalt der höheren Luftschichten bedingend ist, auch bethaut das Gras am stärksten, Gesträuche weniger und hohe Bäume noch weniger. Polirte Metalle bethauen wenig oder gar nicht, weil sie ein geringes Strahlungsvermögen haben, ihre Wärme, wenn sie dick sind, weniger abgeben und stets die Temperatur der umgebenden Luft annehmen. Liegt eine Metallplatte auf dem Grase, so bethaut sie weniger, als wenn sie frei hängt, weil sie die Wärme aus dem Boden aufnimmt; aber hier macht die Gröſse einen Unterschied, indem eine groſse Platte auf dem Grase nur wenig Thau aufnimmt, eine kleine mehr, und mehr als eine solche frei schwebende, weil der ersteren ihre Wärme schneller durch das umgebende Gras entzogen wird.

Den aufsteigenden Thau betreffend, sofern die französischen Akademiker den von der Erde aufsteigenden Wasserdampf als einzige Quelle des Thaues ansahn, weil eine umgestürzte Glasglocke inwendig so stark bethaut, eine Ansicht, die auch neuerdings durch Webster[1] vertheidigt wurde, stellt Wells keineswegs in Abrede, daſs durch die Ausdünstung der Erde Thau erzeugt werde, auf keine Weise aber die gesammte Menge desselben oder nur der gröſsere Theil, wie ohne weitere Argumente schon aus den Versuchen hervorgeht, wonach die auf dem horizontalen Brete liegenden Büschel Wolle stärker, als die unter demselben befindlichen bethauten. Wenn man auf gleiche Weise annahm, der Thau entstehe aus dem Wasserdampfe der Pflanzen selbst, wie das Bethauen derselben unter einer Glasglocke angeführt wurde

1 Mem. of the Amer. Acad. T. III.

streitet gegen die Allgemeinheit dieses Satzes der Umstand, ſs getrocknete Pflanzen, so wie sonstige nicht mehr vetirende Körper stark bethauen. Endlich erwähnt WELLS die n den Alten, namentlich PLINIUS und PLUTARCH, geäuſserte, ch in neueren Zeiten gehegte Meinung, daſs Fleisch, wel- es den nächtlichen Strahlen des Mondes ausgesetzt gewe- n, leichter in Fäulniſs übergehe. Sollte diese Thatsache irklich begründet seyn, so wäre der Grund in keinem an- m Umstande zu suchen, als in der groſsen Menge des aues, welcher in mondhellen Nächten die Feuchtigkeit des isches vermehrt.

Die von WELLS im Jahre 1817 aufgestellte Theorie des auens, welche kurz zusammengefaſst nichts weiter sagt, als ſs die Körper ihre Wärme durch Ausstrahlung derselben in n leeren Himmelsraum verlieren und demgemäſs, mit Rücksicht auf ihre hygroskopische Beschaffenheit, den in der Luft thaltenen Wasserdampf in so viel gröſserer Menge aufnehmen, je stärker ihr Ausstrahlungsvermögen an sich ist und je niger dieser Proceſs der Strahlung durch anderweitige Ein- sse gehindert wird, fand ebenso groſsen als ungetheilten ifall[1] und wurde daher von den bedeutendsten Physikern, ter denen ich nur ARAGO[2] und KÄMTZ[3] nennen will, wie- gegeben. Nur wenige Gelehrte haben gewagt, der allge- in aufgenommenen Ansicht zuwider, einige Einwendungen gegen vorzubringen. Dahin gehört eine sehr bescheidene uſserung von dem gründlichen Forscher SYKES[4], daſs ei- ge Umstände bei den Erscheinungen des Thauens zu Dekhan gen jene Theorie streiten, doch, setzt er hinzu, möchten gedehntere und sorgfältigere Versuche wohl zeigen, daſs se von eigenthümlichen Bedingungen herrühren, die im nzen die durch WELLS aufgestellten Combinationen nicht ſen, und auſserdem könnten auch einige Anomalieen aus em ungleichen Strahlungsvermögen der Körper auf verschie- nem Boden herrühren; was jedoch im Grunde nichts an-

1 S. Ann. Chim. et Phys. T. V. p. 183.

2 Aus dem Annuaire pour 1818 in: Unterhaltungen aus dem iete der Naturkunde. Von ARAGO, übers. von REMY. Stuttg. 1837. Abth. S. 231. 2te Abth. S. 128.

3 Handbuch der Meteorologie. Th. I. S. 367.

4 Philosoph. Trans. 1835. p. 193.

deres heifst, als eine wankende Hypothese durch eine andere noch minder feste unterstützen. Auch Martius[1] hat aus seinen Erfahrungen in Brasilien einige Einwendungen entnommen. Zuerst findet er es auffallend, dafs in den näher am Aequator liegenden Gegenden die Thaubildung am stärksten sey und meistens am Nachmittage der Himmel sich trübe, was mit der grofsen dort herrschenden Wärme im Widerspruch stehe. Allein Kämtz zeigt dagegen sehr richtig, dafs dieses vielmehr mit dem hohen Feuchtigkeitsgrade der Luft in jener Zone sehr genau übereinkomme, da die übersättigte Luft erst einen Theil ihres enthaltenen Wasserdampfes verliert, ehe sie als oberer Passat den Polen zuströmt. Eine andere Einwendung soll daraus hervorgehn, dafs die Thautropfen zahlreich auf den harten und spiegelglatten Blättern der Lorbeeren, Hymenäen u. s. w. gefunden werden, weswegen Martius diese als das Product der Ausdunstung jener Pflanzen ansieht, da glatte Flächen der Strahlung hinderlich sind. Kämtz nennt diesen Schlufs voreilig, da alle Körper so viel stärker strahlen, je weniger sie leiten, und das so vorzüglich glatte Glas gleichfalls stark strahlt. Man mufs aber auf der andern Seite zugestehn, dafs der reinen Erfahrung nach schlechtleitende Körper, deren Molecüle also die Wärme nicht mit Begierde zwischen ihre Interstitien aufnehmen, mithin auch weniger fest zurückhalten, sie auch leicht abgeben und daher schnell erkalten, womit aber der Grund, dafs Letzteres in Folge einer *Strahlung* statt finde, nicht unmittelbar erwiesen ist, und ebenso wird stets nur die Thatsache wiederholt, dafs glatte Glasflächen die Strahlung nicht hindern, obgleich dieses durch glatte Metallflächen wirklich geschieht, ohne den Grund dieses Unterschiedes aus der Natur beider Körper und ihres Verhaltens der Wärme zu ihnen abzuleiten.

In zwei sehr ausführlichen, wo nicht weitschweifigen Abhandlungen suchte Henry Home Blackadder[2] nicht sowohl die Theorie von Wells zu widerlegen, als vielmehr diese durch eine neue eigene von ihm selbst zu verdrängen. Er nimmt an, dafs zwei Hypothesen existiren; nach der einen soll kalte Luft der oberen Regionen niedersinken, nach der andern

1 Spix und Martius Reise nach Brasilien. Th. II. S. 624.
2 Edinburgh Philos. Journal. XXI. p. 51.

Erkaltung der Körper eine Folge der Strahlung seyn, bei
len vermifst er aber, dafs auf die durch Verdunstung er-
gte Kälte keine genügende oder gar keine Rücksicht ge-
imen sey. Er sucht daher zu beweisen, dafs das Gras
h Sonnenuntergang durch Ausdünstung erkalten müsse, und
m der warme Wasserdampf, hauptsächlich in Folge des
r dem Grase befindlichen wärmeren Bodens, aufsteigt, mufs
n den erkalteten Blättern condensirt werden. Die hier-
h erzeugte Kälte würde während der ganzen Nacht zu-
nen, wenn nicht die Luft und der aus ihr niederfallende
sserdampf einen Ersatz der Wärme gäbe. Die auf diese
ise abgekühlte Luft, wenn sie nicht abfliefsen kann, nimmt
tiefsten Ort ein, und daher wächst die Wärme der Luft
der Höhe. Hierin soll die primäre Ursache des Thaues
alten seyn, eine secundäre aber in einem Niederschlage
Wasserdampfes aus der Luft liegen. Damit zusammen-
gend ist die Erscheinung, dafs Wolken sich zerstreuen,
hes hauptsächlich durch das Niederfallen ihrer wässerigen
ikeln im Thau geschieht, ein Procefs, welcher mit der
ung der Morgennebel Aehnlichkeit hat. Vorerst nimmt
CKADDER blofs Rücksicht auf den Einwurf, welchen WIL-
[1] dieser von ihm vertheidigten Hypothese aus der Kälte
chneeoberfläche entgegengesetzt hat, und meint, dafs auch
durch Verdampfung erkalten müsse, die übrigen, weit
chtigern Argumente sucht er in einer andern ausführlichen
ndlung[2] zu widerlegen.

Gegen die Thatsache, dafs der Thau auch auf solide oder
tlicher nicht vegetirende Körper niederfällt, wird der Ein-
gemacht, dafs dünne Metallplatten auf Papier keine ge-
nden Resultate geben können, weil das Papier eine sehr
skopische Substanz sey, die daher die Wirkungen einer
ünnen Metallplatte allzusehr modificire. Die Resultate
r Versuche weist daher BLACKADDER ganz von der
, weil auf diese Weise gar nicht hätte experimentirt wer-
ollen. Aber auch wenn Thermometerkugeln mit locke-
Körpern, namentlich Wolle u. s. w., umgeben wurden,
liese Methode auf jeden Fall höchst mangelhaft, weil alle

———

Supplem. to the Encyclop. Brit. T. III. p. 555.
Edinburgh Philos. Journ. N. XXVII. p. 81. N. XXVIII. p. 240.

hierzu gewählte Körper sehr hygroskopisch sind. Angenommen, es sey dann die Existenz einer Strahlung erweislich, so müßste zugleich dargethan werden, daſs nicht gleichzeitig mit Verdampfung existire oder die hierdurch erzeugte Kälte nicht hinreiche, um die Bethauung genügend zu erklären. Die von Wells angestellten Versuche seyen sämmtlich ungenügend, um die Existenz und die Wirkungen einer Strahlung aus denselben zu folgern. Zum Beweise werden einige derselben angegeben, in denen die Wolle ohne Thaubildung eine Verminderung ihrer Wärme zeigte, was als Folge einiger Verdünstung gelten soll, da bekanntlich solche Substanzen in denjenigen Nächten am stärksten erkalten, in welchen gar kein Thau niederfällt. Auf dem Boden liegende Wolle ist auf jeden Fall etwas kälter, als der aus der Erde aufsteigende Dampf, und muſs daher von diesem aufnehmen; daſs aber alle lockeren Körper eine niedrigere Temperatur annehmen, als der Boden, worauf sie liegen, ist eine Folge der stärkeren, durch die in alle ihre Zwischenräume eindringende Luft bewirkten, Verdünstung. Daſs die Wolken ein Hinderniſs der Abkühlung und also der Thaubildung abgeben, folgt ganz natürlich aus der höheren Temperatur dieser Wolken und ihrem Feuchtigkeitszustande, welcher die Ausdünstung hindert. Metalle, da sie gute Leiter der Wärme, aber nicht hygroskopisch sind, werden bethaut, zuerst mechanisch, indem sie die mit der Luft herabsinkende Feuchtigkeit aufnehmen und am weiteren Herabsinken hindern, die sie enthaltende Luft mag damit übersättigt seyn oder nicht, und zweitens indem sie nicht bloſs mechanisch wirken, sondern kälter sind, als die umgebende Luft, indem sich die Feuchtigkeit auf ihnen in gewohnter Weise niederschlägt. Liegt eine polirte Metallplatte auf Gras, welches (durch Verdunstung) kälter geworden ist oder wird, oder befindet sie sich in einiger Höhe, so wird sie im ersten Falle durch das Gras unmittelbar, im zweiten durch die kältere Luft mittelbar kälter werden und den Thau aus denselben aufnehmen, sofern sich mit Gewiſsheit annehmen läſst, daſs bei gröſster Ruhe der Luft dennoch einige Bewegung derselben statt findet. Blackadder beruft sich hierbei auf die Erfahrung, indem er einmal auf einer Wiese einen vom Boden aus anwachsenden sehr feinen Nebel bei gänzlich unbewegter Luft wahrnahm, welcher aber nicht ruhte, sondern

mförmige Bewegung zeigte, und durch einen kurz dauern-, sehr sanften Westwind nicht fortbewegt wurde, sondern ich verschwand. Zwei Einwürfe, die aus dem Verhalten Metalle gegen den Thau hervorzugehn scheinen, nämlich sie mit polirter Oberfläche weder eine bedeutende Temtur-Verminderung erleiden, noch reichlichen Thau aufnen, und zweitens den aufgenommenen Wasserdampf oft ell wieder verlieren, sollen dadurch beseitigt wer-, dafs man die geringsten Spuren des niedergeschlagenen wieder verschwindenden Thaues auf polirten Metallflä- sofort wahrnimmt, die man auf rauhen Flächen nicht er-t. Dafs Glas vorzugsweise den Thau aufnimmt und Blei r den Metallen am stärksten bethaut, hat man unnöthig der Strahlung abgeleitet, da es doch einfach aus der ge-n Wärmecapacität und dem schlechten Leitungsvermögen er Körper erklärlich wird.

Fassen wir die von Blackadder aufgestellte Theorie kurz mmen, so läuft sie einfach darauf hinaus, dafs die Pflanheile und lockere Substanzen durch Verdunstung abgekühlt len und wegen ihrer hygroskopischen Eigenschaft den Wasmpf aus der Luft aufnehmen. Dabei ist allerdings nicht d begreiflich, warum bei diesen Körpern die durch Ab- ihrer Feuchtigkeit erzeugte Kälte nicht durch die Conirung des atmosphärischen Wasserdampfes wieder compen-wird, da beide Processe einander gerade gleich, aber entngesetzt sind; auch wird zwar behauptet, aber nichts we-r als bewiesen, dafs das Verhalten des Glases und polir-Metalle rücksichtlich des Bethauens aus ihrer geringen rmecapacität und ihrem schlechten Leitungsvermögen erklär-sey; denn wenn man den Thau als einen einfachen wäsgen Niederschlag, durch Entziehung der Wärme entstanden, achtet, so mufs gerade auf denjenigen Körpern die gröfste ge von Feuchtigkeit abgesetzt werden, welche wegen ihbesseren Leitung die Wärme am leichtesten und wegen ihgröfseren Capacität sie in gröfster Menge aufnehmen. Blackder argumentirt aber anders und sagt: Körper von gerin-Wärmecapacität verlieren ihre Wärme leicht durch Ab-e derselben an die in Folge der Verdunstung erkaltete Luft. d sie dann zugleich hygroskopisch, so nehmen sie leicht atmosphärische Feuchtigkeit auf, und zu den hygroskopi-

schen scheint er auch das Glas zu rechnen, indem er bemerkt, dafs es so gern Feuchtigkeit aufnehme. Nicht hygroskopische Körper dagegen, namentlich Metalle, nehmen um so weniger Feuchtigkeit auf, je geringer ihre Wärmecapacität ist, und befördern das Verschwinden des auf ihnen abgelagerten Thaus durch ihre grofse specifische Wärme und ihr vorzügliches Leitungsvermögen. Beifall hat diese Theorie nicht eben gefunden.

Der neueste Gegner dieser Theorie ist Jos. Jul. van Roosbroek aus Löwen, welcher neun Jahre lang Beobachtungen und Versuche über den Thau angestellt und hierauf die Beantwortung der von der Gesellschaft zu Rotterdam aufgegebenen Preisfrage gegründet hat. In seiner gekrönten Abhandlung widerlegt er zuerst die von Wells aufgestellte Theorie als unverträglich mit anerkannten Thatsachen und ungenügend zur Erklärung aller vorkommenden Phänomene, dann theilt er die Resultate seiner eigenen Erfahrungen mit und giebt zuletzt eine neue Theorie, welche allen vorkommenden Bedingungen genügen soll[1]. Vor allen Dingen stützt van Roosbroek seinen Widerspruch auf theoretische Gründe, indem er sagt, dafs eine Wärmestrahlung nur statt haben kann unter der Bedingung einer Reciprocität und von einem materiellen Körper gegen einen andern, wonach also eine ungleiche Spannung der Wärme der Erde und des leeren Raumes statt haben müsse, die jedoch dem nicht materiellen Raume des Himmels nicht zugeschrieben werden kann. Aufserdem komme keine Erscheinung vor, dafs ein strahlender Körper seine Wärme einem kälteren durch einen wärmeren zusende, was offenbar bei der kälteren Erde durch die wärmere Atmosphäre statt finden müfste. Der Thau entsteht nur bei heiterem Himmel, aber er bleibt auch dann zuweilen aus, was nach Wells ganz unerklärlich ist, weil in diesen Fällen die Strahlung ohne irgend einen Grund entweder nicht statt finden oder keine Erkaltung bewirken müfste. Minder gewichtig ist das Argument, dafs nach eben dieser Theorie nur dann die Bildung des Thaus statt finden könnte, wenn der Boden kälter ist, als die über ihm ruhende Atmosphäre, und dafs unter dieser letzteren Be-

---

1 Théorie de la Rosée cet. Rotterd. 1836. 4. Vergl. l'Institut 1836 N. 185.

igung allezeit ein Bethautwerden erfolgen müfste; denn es
rsteht sich sogar ohne eine eigentliche Bestimmung wohl von
bst, dafs der Sättigungszustand der Atmosphäre zugleich
bei in Betrachtung kommt.

Van Roosbroek entnimmt aus seinen eigenen Beobach-
igen folgende wesentliche Resultate. Das Thauen erfolgt
heiterem Himmel, doch können auch Wolken, jedoch nur
den oberen Regionen, vorhanden seyn, und das Thauen ist
in in der Regel von einem leichten kaum sichtbaren Nebel
gleitet. Meistens bemerkt man während des Processes ein
r leichtes Wehen, welches aus einer aufsteigenden Bewe-
ig der Luft besteht. Das Thauen findet in allen Stunden
Nacht statt und dauert bis zum Morgen, wenn es am
end begonnen hat, jedoch hört es zuweilen auf, wenn gleich
Himmel seine Heiterkeit nicht verliert, und der herabgefal-
e Thau verschwindet mitunter in den späteren Stunden der
cht; auch geben gleich heitere Nächte keineswegs eine glei-
Quantität Thau, vielmehr ist diese oft ungleich geringer
l bleibt zuweilen ganz aus. Der Barometerstand hat kei-
i Einflufs auf das Phänomen, vorausgesetzt, dafs sein Stand
verändert bleibt, dagegen ist der Wind und seine Richtung
i desto gröfserer Bedeutung, indem nicht blofs bei starkem
nde der Thau zu fehlen pflegt oder seine Menge geringer
sondern auch speciell zu Löwen bei S.-, SO.- und SW.-
nde eine bedeutend gröfsere Quantität fällt, als bei N.-, NO.-
l NW.-Winde. Das Thauen gehört allen Jahreszeiten an,
och ereignet es sich häufiger und in gröfserer Menge im
mer vom Monat April bis zum September, als im Winter,
welcher Zeit der Thau während der Kälte in fester Gestalt
bfällt und überhaupt bei herrschender höherer Temperatur
reichlicher zeigt. Im Allgemeinen fällt die gröfste Menge
n nahe über der Erdoberfläche, jedoch gehört er allen Hö-
en und fällt zuweilen gleichzeitig an niedrigen und ho-
Orten, zuweilen aber ausschliefslich auf der Oberfläche
Erde, zu andern Zeiten blofs in einiger Höhe über der-
en. Allezeit ist das Phänomen mit einer Verminderung der
temperatur verbunden, aber die Menge des Niederschlags
dieser keineswegs direct proportional, auch fordert es kei-
vegs einen Unterschied der Wärme der Luft und der be-
ten Gegenstände, dagegen werden die verschiedenen Ob-

jecte verschieden stark bethaut, indem namentlich von Menschen eingeschlossene Räume zuweilen stark benetzt werden, zu andern Zeiten aber ganz frei bleiben. Aufserdem fällt reichlicherer Thau auf glatte, junge Pflanzentheile, als auf rauhe, reichlicherer auf Blumen und Früchte, als auf die Blätter, und es ereignet sich zuweilen, dafs die Blumen allein bethaut sind, während die Blätter frei bleiben. Glatte Früchte, Gräser, Mohn, Weinblätter, Lein, Kohl, Sellerie u. s. w. werden am stärksten bethaut, und überhaupt sind zuweilen blofs die Früchte benetzt, alle übrige Gegenstände aber trocken. Unter den übrigen Körpern werden die Nichtleiter der Elektricität am stärksten bethaut und unter den Metallen die positiv elektrischen, so dafs die Menge des Thaues derjenigen Stelle proportional ist, welche die Körper in der elektrischen Reihe einnehmen, weshalb Gold und Silber also eigentlich gar nicht bethaut werden, obgleich auch diese Regel zuweilen Ausnahmen erleidet. Die Politur hat keinen Einflufs auf das Bethauen, jedoch fällt der Thau zuweilen auf die untere Fläche, meistens auf die obere, selten auf die seitlichen. Als wesentlich hebt van Boockhorst heraus, dafs das Manometer stets beim Thauen sinken soll, worauf hauptsächlich seine Theorie gegründet ist. Hiernach liegt die Ursache in der Luft selbst, wie bei allen wässerigen Niederschlägen. Die Sache kurz gefafst soll die Luft aufsteigen, sich mehr ausdehnen und hierdurch gleichzeitig eine Verdünnung derselben, verbunden mit Verminderung der Temperatur, erzeugt werden, welches dann das Niederfallen des wässerigen Niederschlages nach sich zieht. Wird dieses zugegeben, so ist es allerdings leicht, die einzelnen Erscheinungen des fraglichen Phänomens hiermit in Uebereinstimmung zu bringen. Bei heiterem Himmel findet das Aufsteigen der Luft, die Bindung der Wärme und der wässerige Niederschlag ungehindert statt, bei bedecktem dagegen kann dieses nicht seyn, weil die Bildung und das Herabsinken der Wolken der aufsteigenden Bewegung der Luft, wodurch die Erzeugung des Thaues ursprünglich bedingt wird, gerade entgegengesetzt sind, und ebenso wenig kann es unter einer ausgespannten Decke überhaupt oder stark thauen. Auf gleiche Weise mufs auch die horizontale Bewegung der Luft, welche bei den Winden statt findet, die Bedingungen des Thauens modificiren. Alle diese Hindernisse wirken jedoch

ht absolut, indem die aufsteigende Bewegung der Luft auch etwas bedecktem Himmel und beim Wehen leichter Winde geringerem Grade statt finden kann, so dafs also auch unsolchen Umständen ausnahmsweise die Bildung des Thaues glich bleibt.

Wird gleich diese Theorie bei den Anhängern der von ells aufgestellten keinen Beifall finden, so mufs man doch tehn, dafs der Urheber derselben bei seinen neunjährigen obachtungen die Thatsachen sehr genau erforscht und sinnh erklärt hat, zugegeben, dafs seine Einwendungen gegen blofs hypothetische Strahlung so leicht nicht zu beseitigen n dürften. Wollte man seine Hypothese noch etwas schärauffassen, so könnte man mit anderweitigen Erscheinungen r übereinstimmend annehmen, dafs bei Tage einmal sicher Aufsteigen der erwärmten, mit Dampf erfüllten Luft (*couit ascendant*) statt findet, welches nach mechanischen Gezen auch nach dem Aufhören der Ursache noch eine Zeit g fortdauern und nothwendig Kälte erzeugen mufs, sobald es bedingende Erwärmung durch die Sonnenstrahlen aufrt, was dann offenbar zur Herstellung des Gleichgewichts Nachsinken der oberen kälteren Luft nach sich zieht, so s schon hierdurch unmittelbar ein Niederschlag des Wasdampfes bewirkt werden müfste. Auf diese Weise liefse h der Procefs des Thauens ganz einfach erklären; doch bin keineswegs der Ansicht, dafs diese Hypothese für alle Phänomene genüge.

Gegen die Hypothese der Strahlung überhaupt und die klärung des Thaues als Folge derselben habe ich selbst mich hl zuerst ausgesprochen[1], ungeachtet des grofsen und allneinen Beifalls, womit dieselbe aufgenommen wurde. Was h zur Widerlegung der Existenz einer solchen *Strahlung* Allgemeinen sagen läfst, gehört zu sehr in die Theorie der ärme, als dafs es hier zur Erörterung kommen könnte, und bringe daher für jetzt nur diejenigen Schwächen zur Unsuchung, die sich in der oben mitgetheilten Theorie von ells unmittelbar auf den Procefs des Thauens bezüglich.

1 Sacra Natalitia die XXII. Nov. 1819 celebrata renuntiat G. W. ncke. Heidelb. 1819. 4. Eine wenig in das Publicum gekommene orectorats-Dissertation.

finden. In dieser Hinsicht läſst sich nicht verkennen und muſs wohl schon hier bemerkt werden, daſs die Grundlage der ganzen Hypothese nicht bloſs in der Luft, sondern man darf wohl sagen ganz eigentlich im leeren Raume schwebt, nämlich die Ursache der Alles zu erklären bestimmten Strahlung. Man soll sich denken, daſs in irgend einer Höhe eine Eismasse vorhanden sey, gegen welche die in der Nähe der Erdoberfläche befindlichen Körper dann ihre Wärme ausstrahlen müſsten. Dieses ist wohl unbezweifelt richtig; allein wo ist im leeren Himmelsraume der kalte Körper, welcher die Wärme nach den Gesetzen der Wärmecapacität und Leitungsfähigkeit aufnimmt? Dort ist im eigentlichen Sinne das Nichts, und dieses Nichts soll wie ein Körper wirken, was doch nach der richtigen Bemerkung von Roosbroek allzukühn geschlossen heiſsen muſs. Ueberhaupt ist es in der That auffallend, daſs die neueren Physiker, die sich ganz allgemein so sehr scheuen, die Erscheinungen auf etwas zurückzuführen, wohin keine Erfahrung reicht und wo jede nähere Untersuchung unmöglich wird, in Beziehung auf diese eigenthümliche Wärmestrahlung eine Ausnahme machen und sich auf das Verhalten eines Leeren einlassen, was auch nicht auf das Entfernteste irgend eine controlirende Prüfung durch das Experiment zuläſst. Unnatürlich ist ferner, daſs, wörtlich genommen, nach Wells die Erde Wärme ausstrahlen und von den Wolken durch Strahlung solche wieder erhalten soll, denn man begreift nicht, wenn einmal der leere Himmelsraum die Wärmestrahlen an sich zieht, warum die Wolken nicht gleichfalls als lockere Massen gegen diese strahlen, statt dessen aber es vorziehn, der Erde ihren durch Strahlung erlittenen Verlust zu ersetzen. Inzwischen läſst sich dieser Einwurf leicht durch Aenderung des Ausdrucks beseitigen, wenn man statt dessen setzt, daſs beider Strahlungen sich aufheben oder vielmehr daſs die Wolken die Strahlung der Erde hindern, wobei dann nur der Umstand unerklärt bleibt, weswegen die Wolken nicht gegen den leeren Himmel strahlen. Man fühlt deutlich, daſs in den meisten Fällen, wenn die Erfahrung das Gegentheil gäbe, dieses sich weit leichter der Theorie anfügen würde. Wäre es Thatsache, daſs bei wolkigem Himmel stärkerer Thau fiele, so würde man sehr consequent argumentiren: die Wolken als lockere Massen strahlen ihre Wärme gegen den leeren

en Himmel, dadurch wird ihre Feuchtigkeit sich senken d auf den Erdboden niederfallen. Ebenso soll nach Wells : Nebel die Strahlung weniger hindern; fände aber das Ge- theil statt, so würde consequent geschlossen werden, der bel als dichtere und niedriger schwebende Masse strahle niger, als die höheren Wolken, und lasse daher die Erde e Wärme weniger verlieren. Man wird diesen Argumenten Resultate der Versuche mit dem *Aethrioskop* entgegen- zen, welche die Existenz der Strahlung evident beweisen len. Wir werden hierauf seiner Zeit zurückkommen, wol- aber vorerst bemerken, dafs nach den oben mitgetheilten rsuchen von Sabine das Thermometer im Focus des Brenn- egels nur 0°,44 und 0°,89 R. tiefer stand, als das auf dem Grase. es aber ein Registerthermometer war und somit die absolut fste Kälte angab, so ist noch fraglich, ob überhaupt ein terschied beider statt fand. Vergleicht man aber diese un- rkliche Concentrirung mit der bei den Sonnenstrahlen statt lenden, so mufs es als unmöglich erscheinen, beide als ander nur ähnlich und entgegengesetzt zu betrachten.

Bei der Theorie des Thauens kommt auch ein Phänomen Untersuchung, welches der Beachtung sehr werth und neswegs so leicht erklärlich ist, als meistens angenommen d, nämlich die Thatsache, dafs bei heiteren und windstil- Nächten die Kälte in Vertiefungen von gröfserer Intensität als auf Anhöhen und Hügeln. Das Gegentheil würde aus Theorie der Strahlung sehr leicht erklärlich seyn, denn dürfte nur sagen, die Strahlung sey auf den Hügeln stär- , weil 1) dort ein gröfserer Theil des Himmels übersehn de; 2) die dünnere Luft die Strahlung weniger hindere; von umgebenden Gegenständen weniger Wärme durch Strah- herzuströme und 4) die höhere, mit Wasserdampf min- gesättigte Luft nicht stets neuen, beim Niederschlage Wär- abgebenden Thau absetzen könne. Nun findet aber ge- das Gegentheil statt und Wells meint daher, die Son- täubchen in der Luft, die bei Tage durch die Bestrah- der Sonne vorzugsweise erwärmt würden, gäben auch Nacht durch Strahlung gegen den heiteren Himmel am mei- Wärme ab und bedingten hierdurch die stärkere Erkal- der Erde; aufserdem aber nehme die Wärme der Luft der Höhe zu, wie Six aus Versuchen bis 220 Fufs hoch

durch Erfahrung bewiesen habe, wovon dann auch auf gröfsere Höhen zu schliefsen sey, und endlich seyen Anhöhen und Hügel nie frei von einem schwachen Luftzuge. Alle diese drei Gründe sind jedoch nichtig. Dafs zuerst die Sonnenstäubchen wegen ihrer Kleinheit ebenso wenig als die Luft, worin sie schwimmen, Wärme durch die Sonnenstrahlen erhalten, ergiebt sich einfach, wenn man in einem Zimmer, worin viele derselben schwimmen, die Sonnenstrahlen durch eine grofse Brennlinse concentrirt und den Lichtkegel von der Seite betrachtet, indem dann kein durch Erhitzung erzeugtes Aufsteigen dieser Stäubchen statt findet, was damit zusammenhängt, dafs nach dem von mir sogenannten *Littrow'schen Problem* ein Spinnenfaden im Focus der stärksten Brennlinse nicht zerstört wird. Im täglichen Gange der Temperatur hat man allerdings als Regel wahrgenommen, dafs die oberen Luftschichten nach Sonnenuntergang ihre am Tage erhaltene Wärme länger zurückhalten, als die nahe über der Erdoberfläche schwebenden, allein der Unterschied der Temperaturen beider ist nicht bedeutend und erstreckt sich nicht auf Höhen, die 500 bis 1000 Fufs erreichen, indem dann die der Höhe proportionale Wärmeabnahme schon das Uebergewicht erhält. Einer Luftbewegung stehn auf Hügeln allerdings die Hindernisse nicht entgegen, die sie in den Vertiefungen hemmen, allein die Fälle, in denen zur Zeit des Frühlings, aber auch im Winter, die Bäume und Gesträuche in den Niederungen erfrieren, während sie an Bergabhängen und auf Hügeln verschont bleiben, ereignen sich gerade bei gänzlicher Windstille, und dafs diese dann auch auf Hügeln statt finde, davon habe ich mich in früheren Zeiten oft überzeugt, wenn ich bei nächtlichen Excursionen, um den Aufgang der Sonne abzuwarten, den Rauch eines angezündeten Feuers bis zu bedeutenden Höhen ungestört lothrecht aufsteigen sah. Die grofse Intensität der Kälte in den Niederungen ist aber ein höchst auffallendes und oft wiederkehrendes Phänomen. Noch im verflossenen Winter 1837 auf 1838 sind die Weinreben in den Niederungen erfroren, an den Hügeln bis zu 600 F. Höhe aber verschont geblieben, und ebendieses war im Jahre 1830 der Fall, als namentlich die Nufsbäume im Neckarthale zu Grunde gingen, die auf den Anhöhen aber unverletzt erhalten wurden. Ausgedehntere Untersuchungen dieses merkwürdigen Verhaltens

irden noch auf manche interessante Thatsachen führen. So de ich[1], was mir gerade zur Hand ist, für den Januar 1838 s Mittel der tiefsten Temperaturen zu Genf = — 8°,96 C. d für den 2491 Meter hohen St. Bernhard = — 14°,34, s aus dem Höhenunterschiede beider Orte sehr gut erklärh ist; die beiden absoluten Minima aber sind für Genf am ten Jan. = — 25° bei ganz heiterem Himmel und — 25°,3 15ten bei bedecktem Himmel, wo also die Strahlung nicht rksam sein konnte. An diesen beiden Tagen war das Minum auf dem St. Bernhard — 19°,4 und — 18°,8, beide le bei heiterem Himmel, wonach also am letzten Tage bloſs der Tiefe Nebel herrschen muſste. Die beiden absoluten nima auf dem St. Bernhard aber waren am 9ten und 10ten t — 20°,6 am ersten Tage bei ununterbrochener, am zwei bei völliger Heiterkeit und am 20sten mit — 21°,8 bei iterem Himmel. An diesen Tagen waren zu Genf die Mina = — 7°,6; — 8°,5 und — 14°,6, am ersten Tage bei deckten, an den beiden letzten bei heiterem Himmel. Die ingsten Temperaturen fallen also an beiden Orten nicht auf selben Tage und sind in der Tiefe niedriger als in der he.

Prevost[2] hat diesem Probleme eine ausführliche Unterhung gewidmet und beruft sich dabei unter andern auf das gniſs von Six[3] und insbesondere von Gilbert Wheite[4], nach die zarten Pflanzen am Fuſse eines Hügels durch den if zu Grunde gingen, während die auf demselben gesund eben. Als Thatsache nimmt er zugleich an, daſs die Wär der Luft nach Sonnenuntergang mit der Höhe zunehme, l er beruft sich hierbei auf die Messungen von Wells in F. Höhe, von Pictet in 75 und von Six in 110 und 120 ſs Höhe, woraus allerdings eine mit der Höhe stark zumende Wärme hervorgeht. Es darf aber hierbei nicht rsehn werden, daſs ebendieser Umstand die Schwierigkeit Aufgabe vermehrt, indem eine absolute Temperaturvermin-

---

1 Bibliothèque universelle. Nouv. Sér. Trois. Ann. N. 25. Janv. 3.

2 Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. Nat. de Génève. T. III. 1. Daraus in Bibl. univ. T. XXXV. p. 284.

3 Philos. Trans. 1788. p. 104.

4 Nat. Hist. of Selborne. T. II. p. 147.

derung mit zunehmender Höhe unzweifelhaft ist, mithin der Boden unter der obersten Kruste an tieferen Orten wärmer seyn mufs, als auf höheren, und dafs also die mit ihren Wurzeln bis dahin reichenden Pflanzen an den ersten Orten mehr Wärme aus dem Boden aufsaugen müfsten, als an den letzteren. Was Prevost zur Entzifferung dieses Räthsels, wobei jedoch blofs vom schädlichen Einflusse des Reifes auf Pflanzen die Rede ist, vorbringt, kommt in der Hauptsache auf folgende Sätze hinaus. Zuerst wird als bewiesen angenommen, dafs jeder Körper gegen jeden andern seine Wärme ausstrahlt und von jedem andern, mag er wärmer oder kälter seyn, durch Strahlung desselben wieder erhalte, indem die Strahlen neben einander gehn, ohne sich aufzuheben. Das Strahlungsvermögen der Körper steht ferner in Verbindung mit ihrer Oberfläche nebst der dieser eigenthümlichen Beschaffenheit und mit der Wärmecapacität sowohl als der Leitungsfähigkeit derselben, ganz nach den durch Wells hierüber aufgefundenen Thatsachen. Dieses vorausgesetzt wird das fragliche Problem aus zwei Ursachen erklärlich. Zuerst erkaltet der Boden bei Nacht durch Strahlung. Zweitens die zunächst über dem Boden befindliche Luftschicht und alle über ihr liegende nehmen Theil an dieser Erkaltung des Bodens, aber in ungleichem Mafse, theils durch Leitung, theils und vorzüglich durch Strahlung, wobei die oberen Lagen weniger von der Wärme verlieren, die sie vorher vom Boden erhalten haben.

Alles, was Prevost zur Unterstützung und Erläuterung dieser Hypothese vorbringt, bezieht sich auf die namentlich durch Wells aufgefundenen Thatsachen. Gewifs ist wohl, dafs das vorliegende specielle Problem, so wie das ganze Phänomen der Thaubildung leicht erklärt werden kann, wenn man einmal die Strahlung gegen den heiteren Himmelsraum als erwiesene Thatsache, annimmt und ihre Stärke nach den Erscheinungen willkürlich modificirt. Dafs Letzteres wirklich geschehe ist wohl nicht in Abrede zu stellen, wenn man die oben angegebenen Beispiele berücksichtigt, in denen erwiesen wurde dafs man, wenn das Gegentheil sich in der Erfahrung zeigt, gerade dieses aus der Theorie der Strahlung sehr consequent ableiten könne. Noch ein Fall dieser Art ist folgender. Das Glas läfst bekanntlich nach Pictet's Versuchen die dunklen Wärmestrahlen nicht durch, und andere können doch die nicht-

m des Bodens nicht seyn. Wenn nun eine umgestürzte
ke gar nicht bethaut würde, so hätte man damit einen
eis der wirklichen Strahlung, die durch das Glas aufge-
n würde; da aber die Glocke stark bethaut, so sagt man,
Glas strahlt selbst und wird dadurch kalt; die Strahlung
Bodens unter ihr wird des sichtbaren heiteren Himmels
achtet aufgehoben und die Wärme des Bodens verliert
durch Mittheilung an die Glocke, die ihrerseits durch
lung erkaltet.

Halten wir uns blofs an die Thatsachen, ohne vorläufige
hme irgend einer Theorie, so geht aus den Versuchen
dersprechlich hervor, dafs nach dem Aufhören der durch
onnenstrahlen hervorgerufenen Wärme der Boden auf sei-
iufsersten Fläche, die Pflanzentheile und sonstige Körper,
tsächlich lockere und schlecht wärmeleitende, um so ra-
und stärker erkalten, je weniger ihnen Wärme aus der
ebung zugeführt wird. Hieraus folgt dann, dafs sich der
auf ihnen niederschlägt, welcher theils aus dem noch
auernd aus dem erwärmten Boden aufsteigenden oder dem
r Luft enthaltenen Wasserdampfe seinen Ursprung erhält.
Erkaltung ist die alleinige und eigentliche Ursache der
ibildung, indem die letztere ausbleibt, wenn die erstere
statt findet, entweder weil an trüben Tagen die Wärme
lodens und der ihn bekleidenden Vegetabilien nicht ge-
erregt wurde, oder weil ein allgemeiner Niederschlag in
tmosphäre bis zu gröfseren Höhen eintritt, welcher durch
ieraus entbundene Wärme die Abkühlung hindert, wo-
ndlich die Menge des Thaues der Quantität der in der
nach den hierüber bestehenden bekannten Gesetzen vor-
nen Feuchtigkeit proportional ist. Man kann noch hin-
en, dafs im Allgemeinen die Erkaltung so viel gröfser
e gröfser vorher die Erhitzung war, worauf die grofse
der Nächte und die profuse Menge des Thaues in den
rn der heifsen Zone beruht, die man gleichfalls auf
lung zurückzuführen pflegt, obschon nicht begreiflich ist,
n sie unter mittleren und höheren Polhöhen nicht gleich
seyn sollte. Hiermit ist die Bildung des Thaues als
lles Factum erklärt; will man aber zugleich das Schwin-
er einmal erregten Wärme erforschen, so hängt dieses
em allgemeinen Verhalten der Wärme zusammen und steht

keineswegs isolirt da, denn wir haben ähnliche Erscheinungen, wobei Wärme in grofser Intensität zum Vorschein kommt und noch stärker als in diesem Falle wieder verschwindet. Wird z. B. Knallgas entzündet, so kommt eine unglaublich massive Wärme zum Vorschein, welche entweder die beiden Gasarten oder, was wahrscheinlicher ist, das daraus gebildete Wasser zur Glühhitze bringt und unglaublich expandirt, eben so schnell aber wieder schwindet, der äufseren Luft das Eindringen in den entstandenen leeren Raum gestattet, worauf die Detonation beruht, und Wasser von geringerer Wärme, als beide Gase hatten, seiner gröfseren Capacität wegen, zurückläfst. So bald aufgefunden seyn wird, wo bei letzterem Phänomene die offenbar vorhandene Wärme bleibt, dürfte es nicht schwer seyn, auch die weit geringere Abkühlung, die das Bethauen zur Folge hat, diesem gemäfs auf ein allgemeines Gesetz zurückzuführen, statt dafs es gewifs zu voreilig ist, für das letztere Phänomen eine Strahlung gegen das Leere des Himmelsraumes anzunehmen, ohne zugleich zu bestimmen, ob die Ursache derselben in den terrestrischen strahlenden Körpern oder dem leeren Raume oder in der Wärme selbst zu suchen sey, und in welcher Verbindung sie mit dem anderweitigen Verhalten der Wärme stehe.

Dafs ein Causalzusammenhang zwischen der Thaubildung und der Elektricität statt finde, ist zwar früher behauptet worden, allein nur von Solchen, die bei jedem unerklärlichen Phänomene zu jener Potenz ihre Zuflucht nahmen. Uebrigens mufs der wässerige Niederschlag des Thaues nach den hierüber bekannten Gesetzen einen Einflufs auf die atmosphärische Elektricität haben, wie auch den Beobachtern nicht entgangen ist. Die bereits angegebene Bemerkung, dafs elektropositive und oxydirbarere Metalle am leichtesten und verhältnifsmäfsig stärker bethauen, ist neuerdings durch Bonsdorff[1] mit einer eigenthümlichen Modification wieder hervorgehoben worden. Bei Versuchen unter Glasglocken, die umgestürzt und mit sehr feuchter Luft angefüllt waren, fand er, dafs diese Metalle, zwischen andern negativen und schwerer oxydirbaren liegend oder galvanisch mit ihnen verbunden, bereits merklichen feinen Niederschlag aufgenommen hatten, während die letzteren

1 Kastner Archiv. Th. VIII. S. 350.

ız trocken waren, und er sucht dieses auf eine elektrische
ziehung zurückzuführen. Wenn aber der Wasserdampf
bst, wie man annimmt, elektropositiv ist, so müfste hier-
:h das Gegentheil statt finden, und aufserdem mufs wohl
der Thaubildung zunächst das Verhalten der Wärme bei
jenigen Körpern, welche die Feuchtigkeit überhaupt oder
begierigsten aufnehmen, vorzugsweise berücksichtigt wer-
. Die elektropositiven und leicht oxydirbaren Metalle sind
ıt eben die besten Wärmeleiter und die Anhänger der
gbaren Theorie legen ihnen daher ein gröfseres Strahlungs-
nögen bei, weil im Allgemeinen die schlechtesten Wär-
eiter am stärksten bethaut werden. Dieses leidet jedoch,
e eine abermalige neue Hypothese, auf die Versuche von
SDORFF keine Anwendung, indem er sie am Tage und im
mer, wenn auch nicht in den directen Sonnenstrahlen, an-
te. Betrachtet man das stärkere Wärmeleitungsvermögen
Metalle als Folge ihrer stärkeren Affinität zur Wärme, so
natürlich, dafs sie diese gleichfalls nur schwer abgeben,
r sich auch zum Bethauen weniger eignen. Blofs hypo-
sch wäre, wenn man sagen wollte, die leichter oxydirba-
Metalle hätten eine stärkere Affinität zu den Säuren, mit-
auch zum Wasser, dessen einer Bestandtheil gleichfalls der
rstoff ist. Es würde noch feine Versuche erfordern, wollte
über dieses Problem mit Bestimmtheit entscheiden.

Selten wird die Menge des im Thau herabfallenden Was-
gemessen, was mit dem *Drosometer*, einem noch sehr
llkommenen Apparate, geschehn müfste. Es sind hierüber
r nur wenige Bestimmungen bekannt und die von DAL-
, welcher die Menge desselben in England und Wales
ährlich 5 Zoll hoch Wasser schätzt, soll nach ihm selbst
als eine annähernd genaue gelten. Ebendieses ist der
mit der oben erwähnten Messung von DAUXION-LA-
sé auf Trinidad.

Der *Mehlthau* oder *Honigthau* gehört mehr in das Ge-
ler Naturgeschichte, als der Physik, mufs aber hier er-
t werden, weil man ehemals glaubte, er bestehe aus ei-
mit dem Thau herabfallenden süfsen, klebrigen Safte,
er Pflanzen und Gesträuche überziehe und dann die un-

G. XV. 455.

glaubliche Menge von Blattläusen heranlocke, womit die Pflan-
zentheile oft ganz bedeckt sind. Richtig ist, dafs zuweilen
nach einem feinen Regen beim Sonnenschein das bekannte
Verderben der Pflanzen, wonach sie mit einer mehlartigen
klebrigen Substanz überzogen werden, höchst schnell eintr.,
wodurch dann die herrschende Meinung der Landleute und
der Ausdruck: der Mehlthau oder Honigthau falle vom Him-
mel, veranlafst wird. Es ist jedoch weit natürlicher anzu-
nehmen und auch durch Erfahrung bewiesen, dafs der Grund
in einer Krankheit der Pflanzen selbst liegt, in deren Folge
sie, vielleicht unter Mitwirkung von Insecten, die fragliche
Substanz ausschwitzen, und es scheint mir, so weit ich dar-
über urtheilen kann, wahrscheinlich, dafs gewisse Witterungs-
dispositionen solche Erkrankungen schnell herbeiführen, w
die Landleute gerade bei solchen feinen Regenschauern, v
bunden mit Sonnenschein und schwüler Temperatur, das He
abfallen des Mehlthaues fürchten und vorhersagen. Lich
fand, dafs die Insecten, die man als Ursache oder Folge,
jeden Fall als verbunden mit dem Honigthau betrachtet,
nen süfsen Saft von sich geben, welcher auf den Pflanzen-
theilen haftet und namentlich von den Ameisen begierig ve
zehrt wird. Mehrere Beobachter, namentlich Lampad
haben gefunden, dafs ein süfser Saft, selbst tropfenweise, v
Bäumen herabfällt; auch beobachtet man nicht selten, dafs ein-
zelne Blätter, namentlich zarter Gewächse, allmälig zuneh-
mend in denjenigen krankhaften Zustand übergehn, den m
wegen des sich bildenden mehlartigen Ueberzuges und der d
in entstehenden Insecten mit dem Namen Mehlthau zu
zeichnen pflegt. Die Witterung hat demnach auf diesen
insofern Einflufs, als sie entweder allein, und zwar bei der
gegebenen Beschaffenheit einer schwülen, mit abwechselnd
feinem Regen und Sonnenschein verbundenen Hitze, oder
Mitwirkung von Insecten den krankhaften Zustand der Gewä
herbeiführt[3]. M.

1 Geschichte des Honigthaues. In schwed. Abh. 1762. S.
2 Atmosphaerologie. S. 122. Vergl. Voigt's Magazin Th. I.
S. 139.
3 Ehrhardt Beiträge zur Naturkunde. Hann. 1792.

Theilbarkeit.

Divisibilitas; Divisibilité; *Divisibility*.

Der Begriff der Theilbarkeit ist an sich klar, auch weifs r, dafs die bekannten Körper aller Art sich in Theile und eich meistens in so kleine Theilchen zerlegen lassen, dafs ich der Messung entziehn. Man blieb aber vom Beginn r näheren Untersuchung der Natur und ihrer Gesetze an diesem einfachen Erfahrungssatze nicht stehn, weil man der Kenntnifs der kleinsten Theilchen der Körper das en der Materie überhaupt zu erforschen hoffte, sondern ühte sich, auf der einen Seite die Elementartheilchen der chiedenen Körper nach ihrer Gröfse und Beschaffenheit en zu lernen, von der andern aber verlor man sich in uchtbare Untersuchungen über die Zwischenräume zwin diesen Elementartheilchen[1] und den leeren Raum überit, zuletzt aber wollte man gar die unendliche Theilbarder Materie metaphysisch beweisen. Was in dieser letz-Beziehung die Wifsbegierde erregen könnte, ist bereits am gneten Orte[2] untersucht worden, weil es mit dem eigentlichen en der Materie und unserer Vorstellung von derselben zunenfällt; es bleiben daher hier für uns nur diejenigen Beungen zu würdigen, wodurch man die Grenze, bis wohin die Theilbarkeit der Materie fortzuführen vermochte, aufiden suchte, obgleich sie zu keinem andern Resultate führals dafs die kleinsten Theilchen zuletzt unserer Vorstelentschwinden und auf keinen Fall Gegenstand unserer ung bleiben.

Es ist sehr interessant, zu bemerken, wie weit die Feinder auf verschiedene Weise getheilten Körper geht, und r haben wir viele bereits von den älteren Physikern hierangestellte Untersuchungen. Schon die mechanische Theiverwandelt die Körper in den feinsten Staub, dessen ein: Theile nicht mehr unterscheidbar sind, im stark ver-

---

1 Vergl. *Porosität*. Bd. VII. S. 888.

2 S. Art. *Materie*. Bd. VI. S. 1436.

größsernden Mikroskope aber noch von beträchtlicher Ausdeh-
nung erscheinen. Das Stärkemehl ist eine höchst feine, pul-
verartige Substanz; man erstaunt aber, wenn man vermittelst
starker Vergrößserungen wahrnimmt, dafs dasselbe aus zarten
runden Kügelchen besteht, die durch etwas mit Schwefelsäure
gesäuertes Wasser das sie einschliefsende Häutchen sprengen
und einen aus Gummi bestehenden Kern zurücklassen. Von
unbestimmbarer Feinheit sind ferner die durch Brown unter-
suchten, in tropfbaren Flüssigkeiten eine eigenthümliche Be-
wegung zeigenden *Molecüle*, wovon bereits oben[1] geredet
wurde, und ebenso läfst sich aus der Dehnbarkeit der Metalle[2],
der Seide, des Glases, der Spinnenfäden u. s. w. die aufseror-
dentliche Feinheit der Elementartheilchen, woraus sie bestehen,
nachweisen.

Die mechanische Theilung der Körper führt indefs nur
zu Theilen, welche stets noch wahrnehmbar und meistens so-
gar mefsbar bleiben, allein dieses hört auf bei manchen leben-
den Thierarten (*Infusorien*), die kaum vermittelst starker Mi-
kroskope gesehn werden, deren Bewegung wir jedoch sicher
erkennen und denen wir daher Organe beizulegen uns ge-
zwungen fühlen, die an sich nicht mehr wahrnehmbar und
unmefsbarer Feinheit seyn müssen. Dieser eigenthümliche
Zweig der Untersuchungen erregte vorzugsweise die Aufmerk-
samkeit älterer Naturforscher. Schon Leeuwenhoek zeigte
im Wasser über Pfeffer mikroskopische Thierchen, deren Durch-
messer nicht mehr als den tausendsten Theil eines Sand-
korns betrug nnd deren Masse daher nicht über den tausend-
millionsten Theil eines solchen hinausgehn konnte; dennoch
zeigten sie Bewegung und mufsten also Organe hierfür und
für ihre Ernährung haben, deren Kleinheit über jede Vorstel-
lung hinausgeht[3]. Die neuesten Beobachtungen mit [illegible]
vergrößsernden Mikroskopen geben noch auffallendere Resul-
tate, können aber, aufser der erregten staunenden Bewunde-
rung, die eigentliche Aufgabe über die wirkliche Gröfse und
Gestalt der kleinsten Theilchen der Körper ebenso wenig lö-
sen, als verschiedene andere Bestrebungen ähnlicher Art. N

---

1 S. Art. *Materie*. Bd. VI. S. 1447.
2 S. Art. *Dehnbarkeit*. Bd. II. S. 505 ff.
3 Musschenbroek Introd. T. I. §. 72.

gleich kleiner zeigen sich die Theile, worin sich die ver-
iedensten Körper zerlegen lassen, wenn man Auflösungen
ihnen bereitet, indem sie dann in den Zustand der Flüs-
keit übergehn, wodurch schon an sich ihre kleinsten Theile
hören, selbst bei den stärksten Vergröſserungen einzeln wahr-
ımbar zu seyn. Löst man etwas Kochsalz in reinem Was-
oder bereitet man eine salpetersaure Silbersolution, so zei-
sich unter dem Mikroskope allerdings zuweilen einige
ht gelöste oder später erst wieder entstandene sehr kleine
rstalle; sind aber die Präparate dieser Art gut bereitet,
ist in ihnen keine Spur irgend eines, auch des klein-
, begrenzten Theilchens zu entdecken. Wenn man
r berücksichtigt, daſs in gefärbten Auflösungen dieser Art
ige Pigmente vorhanden seyn müssen, die durch ihren Ein-
auf das Licht die jedesmalige Farbe geben, und daſs diese
Erzeugung einer homogenen Färbung nothwendig überall
ler Flüssigkeit verbreitet seyn müssen, so läſst sich durch
hnung die Gröſse finden, welche diese Theilchen nicht
steigen können, über welche jedoch nach Wahrscheinlich-
ihre wirkliche Feinheit sehr weit hinausgeht. Als ein
piel dieser Art nahm man meistens 1 Gran Kupfer in Sal-
geist aufgelöst und färbte damit 392 Kubikzoll Wasser mit
siv blauer Farbe. Angenommen, daſs in jedem Theilchen
r Flüssigkeit von der Gröſse eines Sandkorns, deren eine
on auf einen Kubikzoll gehn würden, ein Theil des fär-
en Pigments enthalten war, so muſste das Kupfer in min-
s 392 Millionen Theilchen getheilt seyn. Aehnliche Re-
e geben ein Gran Carmin in Wasser oder eine schwache
ng von Eisenvitriol, in welche man einen Tropfen Gal-
ure tröpfelt. PARROT[1] führt an, daſs ein einziger Tro-
Indigo-Auflösung 500 Kub.-Zoll Wasser = A färbt,
fünfmalhunderttausend sichtbare Theile = B unterscheid-
ind. Indem aber die Masse des Wassers gewiſs fünfhun-
usendmal = C gröſser ist als der Tropfen war, so kön-
die einzelnen Partikeln des Pigments nicht gröſser, als
= ein Fünfhundertbillionstel eines Zolles seyn. Ein an-

Grundriſs der theor. Physik. Riga u. Leipz. 1809. 3 Th. 8.
S. 17.

derer leichter Versuch führt zu einem ähnlichen Resultat. Wenn man in eine grofse Flasche mit Wasser, worin einige Körnchen Kochsalz aufgelöst sind, nur einen einzigen Tropfen einer gesättigten Auflösung von Silber in Salpetersäure fallen läfst, so wird bald die ganze Masse des vollkommen hellen Wassers opalisirend weifslich und nach einer etwas längeren Einwirkung des Sonnen- oder nur Tageslichtes blauschwärzlich gefärbt erscheinen. Die Masse des in dem Tropfen enthaltenen Silbers, welches die Färbung erzeugt, ist gewifs nicht gröfser, als etwa 0,01 Kubiklinie, und es ergiebt sich dann aus einer gleichen Berechnung, dafs die Gröfse eines einzelnen Farbenpunctes die Gröfse eines Billionstels einer Kubiklinie nicht wohl übersteigen kann. Um aber mit dieser Bestimmung einen deutlichern Begriff zu verbinden, als sie der blofse Ausdruck geben kann, will ich nur bemerken, dafs jemand, um eine einzige Billion Secunden an einer Uhr zu zählen, Tag und Nacht darauf verwendend, doch 31675 Jahre alt werden müfste. Gehn wir diesen Betrachtungen nach, so werden wir einsehn, mit wie vollem Rechte der geistreiche Biot sagt: Nichts ist absolut grofs oder klein, Alles ist nur relativ und die Natur bietet dem Menschen auf der einen Seite das Grofse, auf der andern das Kleine; beider Grenzen zu erreichen ist ihm jedoch unmöglich.

Die Feinheit der durch mechanische Trennung oder chemische Auflösung zu erhaltenden Partikeln wird noch um ein Vielfaches durch eine dampfartige Verflüchtigung übertroffen, und zwar so sehr, dafs dann die Feinheit der Theilchen alle Vorstellung übersteigt. Am besten läfst sich dieses an solchen Substanzen wahrnehmen, deren Dunst auf die Geruchsorgane wirkt, wie hauptsächlich R. Boyle[1] gezeigt hat. Eine kleine Quantität Moschus, etwa von der Gröfse eines Hirsekorns wird ein grofses Zimmer auf längere Zeit mit seinem Geruche erfüllen, selbst wenn die darin enthaltene Luft mehrmals des Tages wechselt, und wenn man annimmt, dafs an jedem einzelnen Orte, wo die Geruchsnerven afficirt werden, Partikeln des Moschus schweben, so führt dieses auf eine Feinheit dieser Theilchen, die sich jeder Berechnung entzieht, dagegen

1 Exercitat. de mira subt. effluv. In Opp. Genev. 1680. 4.

r die Ueberzeugung begründet, dafs die Theilbarkeit der
rper weit über unsere Vorstellung hinausgeht[1].

Dennoch aber bleibt dieses weit hinter dem zurück, was einige
möopathen, unkundig des Sinnes und der Bedeutung ihrer
ssagen und um durch Wunderbarkeit das minder prüfende
licum zu gewinnen, von der Theilung der Arzneimittel in
ntillionsteln aufgestellt haben. Brandes[2] berechnet hier-
h, dafs die 6000jährige Dauer der Menschengeschichte nur
1500 Tage oder 52596000 Stunden beträgt, wofür er in
der Summe 53 Millionen annimmt. Die Weltgeschichte
afst also nur etwa 190000 Millionen Secunden. Wäre die
e während dieser ganzen Zeit von 1000 Millionen Men-
en in jedem Zeitpuncte bewohnt gewesen, und hätte jeder
Secunden eine Dosis jener Medicin genommen, so wären
Trillionen solcher Dosen oder in runder Zahl 200 Tril-
ien verbraucht worden. Hätte also ein Arzt seit Adams Zeiten
n lebenden Menschen in jeder Secunde ein Quintillionstel
n eines solchen Arzneimittels gegeben, so wäre bis jetzt noch
ht ein Tausend-Millionstel eines Granes verbraucht worden.

Der menschliche Kunstfleifs hat stets das Bestreben gezeigt,
eine ähnliche Weise durch Erzeugnisse im Grofsen wie
Kleinen mit den Productionen der Natur zu wetteifern wo-
sich dann aber recht auffallend zeigt, wie weit jene hinter
ien zurückbleiben. Einige Beispiele hiervon anzuführen ist
ht ohne Interesse. In Plauen wurde ein Stück Musselin von 30
nLänge verfertigt, welches nur 26Lth. wog, und Ritberger (oder
perger) Arbeiter spannen als Probestück aus einem Pfunde
chs einen Faden von 23 deuschen Meilen Länge. Noch wei-
brachte man die Feinheit der Gespinnste in Manchester, wo

1 Beispiele und Berechnungen, wie weit die feine Vertheilung
hbarer Stoffe geht, finden sich in Haller Elem. Phys. T. I. p. 155.
sus schrieb eine eigene Dissertation über die feine Vertheilung
Phosphors in Oelen: Diss. de Phosphoro solido et liquido. Franc.
Viad. 1688. 4. Ueber die grofse Theilbarkeit d. Körper handeln
Wolf Vernünft. Gedanken von den Wirkungen in der Natur.
e 1723. 8. S. 8. Nollet Leçons de phys. expér. Leç. I. Nieu-
it rechter Gebrauch der Weltbetrachtung. Ueb. von Segner. Jena
. 4. Cap. 26. und viele andere.

2 Vorlesungen über die Naturlehre. Leipz. 1830. 3 Th. 8. Th. I.
6. Anm.

höchst genau gearbeiteten Kreisen mit einer auf ihrem Rande aufgetragenen, möglichst absolut richtigen Kreistheilung, welche in horizontaler Lage ruhn und so eingerichtet sind, dafs die zu theilenden Kreise oder Sectoren auf sie gelegt werden können, um die einmal vorhandene normale Theilung auf diese überzutragen. Die Richtigkeit der normalen Theilung vorausgesetzt beruhn dann die Vorzüge der Theilmaschinen vor Allem zuerst auf ihrer Gröfse, weil die Schwierigkeit, sie genau zu verfertigen, wegen der zunehmend gröfseren Masse unglaublich wächst; dann auf der Genauigkeit und Feinheit des Reifserwerks oder derjenigen Vorrichtung, vermittelst deren die Theilstriche auf dem Rande der zu theilenden Kreise eingeschnitten oder eingerissen werden, und endlich auf der Zweckmäfsigkeit des Mechanismus, durch welchen die ganze Maschine um eine verticale Axe in horizontaler Ebene herumgedreht oder gewöhnlicher das Reifserwerk von einem Theilstriche des Normalkreises bis zum folgenden fortbewegt wird, um die Theilung schnell und mit möglichster Genauigkeit auf dem zu theilenden Kreise einzuschneiden. Nachdenken und Fleifs der neueren Künstler haben in dieser Beziehung unglaublich viel geleistet, wie sich bei den ausgezeichneten Instrumenten zeigt, die gegenwärtig aus den vorzüglichsten Werkstätten derselben hervorgehn.

Von weit häufigerem Gebrauche sind die *geradlinigen Theilmaschinen*, von denen man für die Theilung der Scalen aller Art, die in so aufserordentlicher Menge vorkommen, einen sehr ausgedehnten Gebrauch macht. Die meisten derselben, insbesondere diejenigen, womit die *Mikrometer* und die *Gitter* für die optischen Beugungsversuche geschnitten werden, unter denen vorzüglich die von Fraunhofer verfertigte, noch jetzt im optischen Institute zu München befindliche, am berühmtesten geworden ist[1], sind mit einer Mikrometerschraube, einer höchst genauen und dabei doch feinen Schraube, versehen, vermittelst welcher der Schlitten mit dem Reifserwerke sanft und in den feinsten Intervallen vorwärts oder rückwärts be-

1 Dieser gleich merkwürdige Gelehrte und Künstler schnitt vermittelst dieser Maschine mit einer Diamantspitze 10000 Linien völlig parallel und von ganz gleichen Abständen in einem Raume von einem Par. Zoll in Glas und 32000 mit nicht so vollkommener Genauigkeit

egt wird, um die hierdurch erzielten gröfseren oder kleine-
n Theile auf die Scalen aufzutragen, die in der Regel fest-
gen, indem der Schlitten mit dem Halter des schneidenden
essers über sie hingeschoben wird, obgleich es von der an-
rn Seite auch gleichgültig seyn würde, wenn man die Scale
iter dem feststehenden Schneidewerke hin oder her bewegte.
'egen der oft nöthigen Theilung der Mafsstäbe könnte man
 Schraube so einrichten, dafs eine bestimmte Menge von
ndrehungen derselben gerade eine bestimmte Mafs-Abthei-
ng gäbe, z. B. wenn jeder Schraubengang gerade ein Mil-
neter oder bei ungewöhnlicher Feinheit 0,1 Lin. Höhe hätte;
 es aber hierauf weit weniger, als auf die absolute Ge-
uigkeit der Schraube ankommt, so läfst man jene unberück-
htigt, um diese desto sicherer zu erhalten. Dafs solche
hrauben zur Vermeidung des sogenannten todten Ganges eine
schlitzte Mutter haben müssen, versteht sich von selbst. Um
einere Theile, als die eines ganzen Schraubenumganges,
 erhalten, wird vorn an der Maschine eine Scheibe loth-
cht auf die Axe der Schraube und so angebracht, dafs die
ometrische Axe der letzteren mit dem Centrum der erste-
n zusammenfällt. Die Scheibe ist in willkürliche, meistens
)0 gleiche Theile getheilt und ein auf der Schraubenspindel
stgesteckter Zeiger durchläuft beim Umdrehen derselben diese
heile. Soll mit einer solchen Maschine irgend eine Scale
theilt werden, so versucht man zuerst, wie viel ganze Um-
ehungen und Theile einer ganzen Umdrehung der Schrau-
nspindel auf die ganze Länge der Scale gehn, und dividirt
nn die Zahl der einzelnen Theile in diese Gröfse, um den
'erth einer Abtheilung zu erhalten. Hierbei findet man nicht
lten Theile, die sich einzeln nicht mehr messen lassen, sum-
irt aber einen merklichen Fehler geben würden, wobei dann
chts anderes übrig bleibt, als die allmälig durch Summirung
achsenden Unterschiede hinzuzunehmen, was jedoch leicht
irch Rechnung bewerkstelligt wird, indem man sich jedes-
al ein Schema für die gesuchte Theilung entwirft. Um die-
s durch ein Beispiel anschaulich zu machen, wollen wir
nehmen, eine gegebene Maschine erfordere 46,66 ganze Um-
ehungen für einen Par. Zoll und der Zeiger auf der Scheibe
be Hundertstel einer Umdrehung, die man nach Schätzung
it annähernder Genauigkeit in Zehntel zu theilen beabsichtige.

etwas wenig arabischem Gummi an einigen Puncten fest klebt, schiebt das Lineal mit seiner etwas längeren Hülse gleichfalls auf den Stift und trägt die normale Theilung der Messingscheibe auf sie, was sich mit ausnehmender Geschwindigkeit bewerkstelligen läfst. Sollte man gröfsere Scheiben zu theilen haben, als die Messingscheibe selbst ist, so kann man zuvor eine kleine Scheibe mit der Maschine theilen, diese über die gröfsere zu theilende legen und von ihr die Theilung vermittelst des nämlichen Lineals auf die gröfsere übertragen.

Noch ungleich häufiger, als die Kreistheilung, ist für den Physiker die geradlinige Theilung dringendes Bedürfnifs, indem die Verfertigung von Scalen aller Art in zahllosen Fällen erfordert wird. Auch für diesen Zweck kann man sich einer einfachen, bequemen und zugleich hinlänglich genauen Theilmaschine von einer ähnlichen Einrichtung bedienen, als welche durch Baumgartner[1] in Vorschlag gebracht worden ist. Diese besteht aus zwei starken Stäben von festem Holze AB und CD, etwa 1 Zoll dick, 2 Z. breit und 24 Z. lang, die durch ein Scharnier bei BD beweglich und zur gröfseren Festigkeit unten mit 3 Klötzchen unter A, C und BD als Unterlagen versehn sind. Die auf die Scalen überzutragende Normaltheilung könnte auf die Stäbe unmittelbar aufgetragen werden, genauer und bequemer wird es aber seyn, wenn sie sich auf der schmalen Seite eines messingenen Mafsstabes von 1 bis 1,5 Lin. Dicke und etwa 3 bis 4 Lin. Breite befindet, welcher in die Nuth ab oder a′b′ gelegt und vermittelst zweier durch die Schrauben α, β oder α′, β′ angezogener Lappen festgehalten, an der Seite des einen der Stäbe so angelegt ist, dafs seine getheilte Kante mit der oberen Fläche desselben in einer Ebene liegt. Um mehrere Zwecke zu erreichen, würde es gut seyn, auf die eine schmale Seite des Mafsstabes ein bekanntes Mafs, z. B. Pariser oder rheinländische Linien, und auf die andere Millimeter auftragen zu lassen, um hiernach Scalen von fester Gröfse der Theile zu verfertigen, wie sie unter andern für Barometer erfordert werden. Die zu theilende Scale wird auf denjenigen Stab gelegt und durch die genannten zwei geeigneten Klemmschrauben auf demselben festge-

Fig. 44.

1 Die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zustande u. s. w. Supplementband. S. III.

en, an dessen Seite sich der Normalmaſsstab nicht be-
et, und man übersieht bald, daſs man Scalen von will-
icher Länge auf diese Weise theilen könne, da es gestat-
ist, sowohl die zu theilende Scale, als auch den Maſsstab
kürlich hinauf, erstere auch hinab zu schieben.

Um die Theilung mit Genauigkeit von dem Normalmaſs-
e auf die zu verfertigende Scale überzutragen, ist noch ein
chlaglineal erforderlich. Dieses besteht aus einem Paralle- Fig. 45.
pedon von hartem Holze oder besser von Messing AB,
hes mit seiner Seite an den Normalmaſsstab angelegt wird,
rend die drei Lappen α, α', a über der getheilten Seite
und her geschoben werden. Um die Theilung scharf zu
mmen, ist der Lappen a in der Mitte geschlitzt, und man
chiebt das Lineal so lange, bis der verlangte Theilstrich
u in der Mitte dieses Einschnittes gesehn wird, wobei es
von selbst ergiebt, daſs dann auf der zu theilenden Scale
erforderliche Strich vermittelst des Lineales bc gezogen
l. Soll eine Scale in gleicher Gröſse aufgetragen werden,
nuſs das Lineal bc mit dem Parallelepipedon AB zwei
te Winkel bilden, wobei es jedoch genügt, dieses nur
dem Augenmaſse zu bestimmen, damit die Theilstriche
der Scale nicht schräg erscheinen; das Lineal ist aber in
m Scharnier bei b beweglich und läſst sich in einem be-
gen Winkel feststellen, wodurch man zwei Zwecke er-
it; zuerst kann man das Lineal in einen gewissen Winkel
en, um auf einem Maſsstabe *Transversalen* zu ziehn,
itens bedarf man eine solche Stellung, um die aufzutragen-
Theile der Scale willkürlich zu vergröſsern oder zu ver-
tern. Sollen diese nämlich der Normalscale ganz gleich
len, so müssen beide Schenkel der Maschine AB und CB
nder parallel und das Lineal bc auf das Anschlagstück
lothrecht gerichtet seyn, verlangt man aber ungleich groſse
ile, so wird der Schenkel CD in die Lage CD gebracht,
dann lassen sich die gesuchten Theile willkürlich ver-
ern und verkleinern. Will man die Theile der Normal-
vergröſsern, so legt man die letztere an den Schenkel
die zu theilende Scale aber befestigt man auf dem Schen-
CD und führt diesen so weit zur Seite, bis der erfor-
che Winkel = α erreicht worden ist, welchen man so lange
rt, bis 1 oder 10 oder 100 Theile der zu verfertigenden

Scale bei Anlegung des bis zu einem gleichen Winkel gedreh-
ten Lineals mit ebenso vielen Theilen der Normalscale zu-
sammenfallen, was sich durch Probiren leicht erreichen läſs
Fig. Heiſst dann der Neigungswinkel α, der Theil der Normalsca
46. ab = T, der auf der Scale erhaltene Theil cd = T', so ist

$$T' = T \frac{1}{\text{Cos.}\,\alpha} = T.\text{Sec.}\,\alpha,$$

will man dagegen die Theile verkleinern, so befestigt man die
Normalscale am aufgeschlagenen Schenkel CD, die zu thei-
lende Scale aber auf dem Schenkel AB, und erhält dann

$$T' = T.\text{Cos.}\,\alpha = T.\frac{1}{\text{Sec.}\,\alpha}.$$

Sollen dann die zu zeichnenden Theilstriche auf der Scale
nicht schräg seyn, so versteht sich von selbst, daſs das Li-
neal bc gleichfalls den Winkel α mit dem Anschlagstück
bilden müsse[1].

M.

Theodolit.

Dieses Instrument ist eines der nützlichsten und not-
wendigsten für die Astronomie, Geodäsie und Physik, beson-
ders für die optischen Theile der letzten Wissenschaft, weshalb
das Vorzüglichste über den Bau und den Gebrauch desselben
in einem Werke dieser Art nicht vermiſst werden darf.

Fig. 47. Der Theodolit besteht in seinen wesentlichsten Theilen
aus einer horizontalen Scheibe AB und aus einem auf die-
ser Scheibe stehenden und mit einem Fernrohre CDE fest ver-
bundenen verticalen Kreise FG. Die horizontale Scheibe
läſst sich um ihre fixe verticale Axe K und der verticale
Kreis läſst sich sammt dem Fernrohre um seine horizontale
Axe CH drehn, so daſs demnach durch diese doppelte Dre-
hung das Fernrohr sich auf jeden Punct in und über dem Ho-
rizonte stellen läſst. Die horizontale Axe CH ruht auf [illegible]
(bei r und s in der Zeichnung sichtbaren) Stützen, die an [illegible]

1 Eine ähnliche, jedoch anders construirte, sehr feine Th[illegible]
maschine dieser Art habe ich beim Mechanicus Meierstein in G[illegible]
gen gesehn.

n unteren Enden mit dem horizontalen Kreise AB fest ver-
ınden sind und sich daher zugleich mit diesem Kreise be-
egen. Das Fernrohr CDE aber ist in seiner Mitte D unter
nem rechten Winkel so gebrochen, dafs ein im Innern des
›hrs bei D aufgestellter Planspiegel die von dem Gegen-
ınde auf das Objectivglas E fallenden Lichtstrahlen in der
chtung CD auf das Ocular C und von da in das vor C
hende Auge des Beobachters reflectirt. Durch diese Ein-
htung eines gebrochenen Fernrohrs sieht also das Auge alle
genstände immer in der horizontalen Richtung CH, welche
ihe über dem Horizonte sie auch haben mögen. Das ganze
strument ruht auf einem Dreifufs, der an seinen Enden von
i starken Schrauben getragen wird, deren Muttern mit ihren
nischen Endspitzen c, d, e in den Boden, auf welchem das
trument aufgestellt wird, fest eingreifen. Zur Schonung
ser Stahlspitzen stellt man sie auf kleine, tellerförmige Un-
lagen von Messing, die auf ihrer obern Seite kleine Ver-
ungen haben, in welche jene Spitzen genau passen. An
untern Seite dieses Dreifufses ist eine dreiarmige Stahl-
er (von welcher man zwei Arme f und g zu beiden Sei-
von b sieht) durch drei Schrauben befestigt. Auf der
tte b dieser elastischen Feder ruht die eigentliche verticale
e ba des Horizontalkreises AB. Diese Axe ist ein Cylin-
von Stahl, der von dem hohlen, an den Dreifufs befe-
ten Cylinder K von Messing umgeben ist. Beide Kreise,
horizontale AB und der verticale FG, sind an ihrem
nde, wo sie einen mit Silber eingelegten Kreis tragen, in
de und Theile des Grades getheilt. Ueber diesen Thei-
gen ist ein fixer metallener Arm (die *Alhidade*) in der
htung der Halbmesser beider Kreise befestigt. Diese Arme
en an ihren äufsersten Endpuncten, bei m und n, einen
nier[1], um dadurch die Stellung der beiden Kreise oder die
Fernrohrs genau angeben zu können. Die eine dieser
daden m ist an den erwähnten hohlen Cylinder K bei a be-
gt und die andere n wird durch ein an dem Horizontal-
ie AB angebrachtes Gestelle pq getragen.

Um mit diesem Instrumente einen Gegenstand zu beob-
en, dreht man den horizontalen Kreis in seinem Cylin-

1 S. Art. *Nonius*. Bd. IX. Abth. II.

der K, bis der Gegenstand in die Verticalebene des Höhen-
kreises FG kommt, und dann dreht man diesen Höhenkreis
sammt seinem Fernrohre, so lange, bis der Gegenstand im
Felde des Fernrohrs und zwar in dem Durchschnitte der bei-
den Kreuzfäden erscheint, die in dem Brennpuncte dieses
Fernrohrs ausgespannt sind. Zur genaueren Stellung des Fern-
rohrs hat man an den beiden Kreisen eigene Mikrometer-
schrauben angebracht, durch welche man diesen Kreisen eine
kleine Bewegung vor- oder rückwärts ertheilen kann. Hat
man diese Stellung des Fernrohrs ausgeführt, so zeigt die Al-
hidade m des Kreises AB die horizontale und die Alhidade
n des Kreises FG die verticale Richtung des Gegenstandes
auf dem getheilten Rande der beiden Kreise an.

Bei einigen dieser Instrumente ist der Horizontalkreis AB
ein doppelter concentrischer Kreis, um damit die horizontalen
Winkel nach der Art zu *multipliciren*, wie dieses bereits
oben[1] erklärt worden ist. Bei noch vollkommneren Instrumen-
ten dieser Art ist auch der Verticalkreis doppelt, um damit
die Verticalwinkel zu multipliciren. Ein so eingerichtetes In-
strument wird *Universalinstrument* genannt. Doch ist der
oben beschriebene Theodolit mit einfachen Kreisen, wenn er
mit Sorgfalt gearbeitet ist, zu beinahe allen Beobachtungen der
Physik und Optik, ja selbst der Geodäsie, vollkommen hin-
reichend und überdieſs von viel geringeren Kosten, wie wir
am Ende dieses Artikels sehn werden.

Rectification des Theodoliten.

Ehe man aber mit einem solchen Instrumente zu den Be-
obachtungen übergeht, muſs es vorerst in allen seinen Thei-
len berichtigt oder *rectificirt* werden. I. Zu diesem Zwecke
muſs zuerst der untere Kreis AB horizontal oder, was dasselbe
ist, seine (auf die Ebene dieses Kreises schon von dem Me-
chaniker genau senkrecht gestellte) Axe ab muſs vertical ge-
stellt werden. Dieses geschieht mittelst einer Wasserwage (Li-
belle), die man auf die horizontale Drehungsaxe CH aufsetzt,
nachdem man diese Axe nahe in die Richtung von zwei der
drei untersten groſsen Fuſsschrauben des Instruments gebracht
hat.

1 S. Art. *Multiplicationskreis*. Bd. VI. S. 2461.

Man bringt nämlich durch Drehung der einen dieser zwei 'ufsschrauben die Luftblase der Libelle an einen bestimmten)rt, z. B. an den Punct 10 der bezeichneten Glasröhre, dann vendet man den Kreis AB nahe um 180 Grade um, so dafs ılso die Axe CH wieder nahe mit denselben zwei Fufsschrau- ıen parallel wird. Ist die Blase bei dieser zweiten Stellung ler Libelle nicht mehr bei dem früheren Theilpuncte der Glas- öhre, sondern z. B. bei dem Theilstriche 18, so bringt man ie, durch eine jener zwei Fufsschrauben, auf das Mittel jener wei Zahlen oder auf $\frac{1}{2}$ (10 + 18) = 14. Wenn dieses ge- chehn ist, so dreht man den Kreis AB blofs um 90 Grade veiter, so dafs also die Axe CH jetzt durch die dritte jener rei Fufsschrauben geht, und bringt hier, aber blofs mit dieser ritten Schraube, die Blase wieder auf den letzten Theilstrich 4. Dadurch hat man das Instrument dahin gebracht, dafs die ibelle in allen Lagen des Kreises AB immer denselben Theil- trich 14 zeigt, zum Beweise, dafs dieser Kreis nun selbst orizontal gestellt ist.

Gewöhnlich wird man, wenn der anfängliche Fehler des ıreises AB zu grofs war, dieses Verfahren noch ein- oder weimal wiederholen müssen, wodurch der Fehler immer mehr 'erkleinert wird, bis er endlich ganz unmerklich ist. Will ıan dann nach hergestellter Horizontalität dieses Kreises auch och die Libelle selbst rectificiren, so darf man nur (mittelst er eigenen Correctionsschraube dieser Libelle, die auf die age der Glasröhre wirkt) die Luftblase derselben genau in ie Mitte der Glasröhre bringen. Doch ist dieses nicht noth- 'endig, da es schon, wie man aus dem Vorhergehenden eht, genügt, wenn die Luftblase für den horizontalen Stand er Libelle nicht zu weit von der Mitte der Glasröhre ent- ernt ist.

II. Um dann auch die Drehungsaxe CH des Verticalkrei- s FG genau horizontal (und sonach diesen Verticalkreis selbst enau vertical) zu stellen, wird man bei unveränderter Lage es unteren Kreises AB dieselbe Libelle zuerst in einer und ınn auch in der entgegengesetzten Lage auf dieser Axe CH ıfstellen, so dafs dasselbe Ende der Libelle einmal nach C ıd einmal nach H zu stehn kommt. Steht die Blase in eiden Lagen der Libelle bei verschiedenen Theilstrichen, B. bei 22 und 18, so wird man sie wieder auf das Mittel

$\frac{1}{2}(22 + 18) = 20$ bringen, und zwar (mittelst einer dazu bestimmten Correctionsschraube) durch Verlängerung oder Verkürzung der einen Stütze r oder der andern s, auf welchen nach dem Vorhergehenden die Axe CH aufruht. Uebrigens wird man auch diese Operation, wenn es nöthig ist, wiederholen, bis der etwa noch übrige Fehler ganz unmerklich wird.

III. Um endlich noch das Fadenkreuz im Brennpuncte des Fernrohrs gehörig aufzustellen, richtet man dieses Kreuz auf einen weit entfernten und scharf begrenzten Gegenstand, und bewegt dabei das Ocular des Fernrohrs (in der für dasselbe bestimmten Röhre) so lange vor- oder rückwärts, bis der Gegenstand im Fernrohre vollkommen deutlich erscheint.

Sieht man dann das Fadenkreuz undeutlich, so rückt man auch dieses Kreuz (mittelst einer eigenen Schraube) so lange vor oder zurück, bis dasselbe ganz scharf und schwarz erscheint, oder bis es den Punct des Gegenstands, auf welchen man es gestellt hat, nicht mehr verläſst, wenn man auch das Auge vor dem Oculare hin und her bewegt. Dadurch ist das Fadenkreuz in den Brennpunct des Fernrohrs gebracht. Um aber dann auch den verticalen Faden desselben in der That genau vertical zu stellen, wird man diesen Faden durch eine sanfte Bewegung des Fernrohrs in seiner Verticalebene an einem scharf begrenzten Gegenstande, der ganzen Länge des Fadens nach, herabgehn lassen. Wenn der Faden bei dieser Bewegung den Gegenstand verlassen oder in ihn tiefer als anfangs einschneiden sollte, so dreht man ihn (mittelst einer eigens dazu bestimmten Schraube) so lange um seinen Mittelpunct, bis dieser Fehler nicht mehr bemerkt wird. Dadurch ist dann auch der andere Faden horizontal gestellt worden, da derselbe schon von dem Künstler auf den ersten senkrecht gebracht wurde. Um endlich noch denselben verticalen Faden des Kreuzes so zu stellen, daſs die durch ihn und durch die Mitte des Objectivs E gehende Ebene auch senkrecht auf die Drehungsaxe CH (oder, was dasselbe ist, parallel mit dem Verticalkreise FG) wird, bringe man diesen Faden auf einen wohlbegrenzten Gegenstand und lese die Alhidade an des Horizontalkreises AB ab. Nehmen wir an, man habe so den Winkel 36° 48′ 20″ gefunden. Dann dreht man diesen Kreis und mit ihm das Fernrohr genau um 180 Grade, indem man

ı auf 216° 48′ 20″ stellt, und bringt in dieser Lage des ıtruments das Fernrohr wieder auf den frühern Gegenstand. ifft hier der Faden den Gegenstand nicht mehr genau, so rücke man den Kreis, bis dieses geschieht. Gesetzt der eis zeige in dieser neuen Lage 216° 47′ 50″, also 30″ zu nig gegen seine frühere Stellung. Man bringe also den eis auf die Mitte zwischen diesen beiden Lesungen oder auf ;° 48′ 5″, und nachdem man so den Kreis um die eine lfte des ganzen Fehlers von 30″ verbessert hat, verbessere n auch die andere Hälfte durch Verrückung des Fadens, em man denselben genau auf seinen früheren Gegenstand ückführt.

Noch muſs bemerkt werden, daſs der Künstler denjenigen ıct des Verticalkreises, welcher dem Horizonte oder dem ıith entspricht und durch 0° oder 90° bezeichnet seyn soll, ht eigens angedeutet, sondern daſs er den Anfangspunct 0° Zählung ganz willkürlich angenommen und dem Beobach- die Bestimmung desselben überlassen hat. Um ihn zu be- nmen, darf man nur einen Gegenstand zweimal mit umge- ndetem Instrumente beobachten, so daſs z. B. der Vertical- is FG einmal rechts und dann links von dem Beobachter ht. Wenn in diesen beiden Beobachtungen der Gegenstand ıau an den horizontalen Faden gebracht und der Vertical- is mittelst seines Verniers abgelesen worden ist, so wird ı Mittel aus den beiden Ablesungen den gesuchten höchsten ıct des Kreises FG oder denjenigen Punct des Krei- geben, auf welchen dieser Kreis gestellt werden muſs, on das Fernrohr genau vertical oder gegen das Zenith ge- ıtet seyn soll. Ist nun der so gefundene höchste Punct des ıises z. B. um 3° 12′ 40″ von dem numerirten Null- ıcte entfernt, so wird man alle mit diesem Kreise beob- ıteten Zenithdistanzen in der einen Lage des Kreises um 12′ 40″ vermehren und in der andern um ebenso viel ver- ıdern, um die gesuchte wahre Zenithdistanz des beobach- n Gegenstandes zu erhalten.

Aehnlich mit dem Theodoliten, in Einrichtung und Ge- ıch, ist der sogenannte *Höhen- und Azimuthalkreis*, der züglich in England gewöhnlich ist. Man sieht auch hier ı horizontalen Kreis AB, der auch Azimuthalkreis genannt d, und den verticalen Kreis FG, das Fernrohr CE, die

Fig. 48.

beide Kreise verbindende verticale Säule K und endlich das dreifüſsige Piedestal, auf welchem das ganze Instrument ruht. Der Verticalkreis hat zwei einander gegenüberstehende Verniers n und n und eine Druckschraube D, durch welche er an die Säule K so befestigt werden kann, daſs ihm mittelst einer Mikrometerschraube L noch eine kleine Bewegung in seiner Verticalebene verstattet ist, um den schon nahe auf das Object gestellten horizontalen Faden des Fernrohrs ganz genau auf denselben bringen zu können. Ebenso hat der Azimuthalkreis A B drei Verniers m, m, m und auch bei d und l seine Druck- und Mikrometerschraube, mittelst deren die Säule K sammt dem an ihr befestigten Verticalkreise noch etwas im Horizonte verschoben werden kann. Ist aber diese Druckschraube d offen oder gelöst, so lassen sich Säule und Kreis frei im Horizonte drehn. Eine ähnliche Schraube sieht man in N, durch welche der an das Fuſsgestell befestigte Azimuthalkreis AB und mit ihm also auch die Säule K und der Verticalkreis FG noch um einige Grade in horizontaler Richtung sich verstellen läſst, um jede kleine Verrückung des verticalen Kreises, die während der Beobachtungen statt haben kann, durch diese Schraube N wieder herzustellen. Bei M sieht man das eine Ende der Libelle, die an der Säule K befestigt ist und die, wie bei dem Theodoliten, zur horizontalen Einstellung des Azimuthalkreises A B dient, wodurch zugleich die auf diesem Kreis senkrecht gestellte Axe K, so wie der mit dieser Axe parallel gestellte Kreis F G die nothwendige verticale Lage erhält. Endlich sieht man noch bei F, G und B die Loupen oder Mikroskope, die sich über die ganze Peripherie ihrer Kreise bewegen lassen und die zur genauen Ablesung der feinen Striche der Eintheilung dienen, welche am Rande der beiden Kreise angebracht ist. Bemerken wir noch, daſs die Rectification und der Gebrauch dieses Instruments von dem des Theodoliten nicht wesentlich verschieden ist und leicht aus dem oben Gesagten genommen werden kann.

Da dieses das letzte gröſsere Instrument ist, welches in unserm Werke beschrieben wird, so mag es nicht unangemessen erscheinen, auch die Preise kurz anzugeben, für welche man die vorzüglichsten dieser Instrumente erhalten kann. Von den Mikroskopen, den dioptrischen Fernröhren und den

gelteleskopen ist dieses schon oben[1] geschehn, daher sie übergangen werden können.

Der zuletzt erwähnte Azimuthal- und Höhenkreis, dessen e Kreise einen Durchmesser von $3\frac{2}{10}$ Par. Zoll haben, wird ondon von ROBINSON um 10 Pfund, nahe 100 fl. Augsb. r., in dem polytechnischen Institute zu Wien aber mit derselben kommenheit um 80 bis 90 fl. verfertigt. In demselben polynischen Institute erhält man den oben beschriebenen Theoten, dessen horizontaler Kreis $7\frac{8}{10}$ Par. Zoll und dessen icaler $5\frac{8}{10}$ Zoll hat, um 280 fl. Der Horizontalkreis giebt 4 Verniers unmittelbar 10 Secunden und der Verticalkreis einzelnen Minuten.

Ebendaselbst werden endlich auch folgende, in den frün Artikeln dieses Werkes erwähnte Instrumente verfertigt. Zolle sind in Wiener Maſs (der Wiener Zoll ist gleich 7312 Par. Zoll) und die Preise in Augsb. Cour. oder soannter Conventionsmünze.

Multiplicationstheodolit von 8 Zoll Durchmesser des Hontalkreises und 6 Zoll des Verticalkreises, jener zu 10 Seden, dieser zu einzelnen Minuten getheilt, Fernrohr mit 13 l Brennweite und $1\frac{1}{10}$ Zoll Oeffnung, sammt Aufsatzlibelle l Kasten . . . . 400 fl.

Multiplicationstheodolit von 12 Zoll Durchmesser des Hontalkreises und 7 Zoll des Verticalkreises, jener zu 4 Seden, dieser zu 10 Secunden getheilt, Fernrohr mit 17 Z. nnweite und 1,3 Zoll Oeffnung, sammt Libelle und Kan . . . . 600 fl.

Dasselbe Instrument, aber nicht zur Multiplication einichtet . . . . 450 fl.

Universalinstrument; der Horizontalkreis hat 14 Zoll rchmesser und ist durch 4 Verniers von 4 zu 4 Secunden heilt; der Verticalkreis hat 10 Z. Durchmesser und giebt rch 4 Verniers unmittelbar 10 Secunden; das Fernrohr ist der Mitte gebrochen und seine Brennweite hat 22 Zoll, ne Oeffnung aber 1,8 Zoll; zwei Libellen zum Aufsetzen, leuchtung durch die Axe, das Ganze in zwei Kasten 1150 fl.

---

1 S. Art. *Mikroskop* Bd. VI. S. 2281 und *Teleskop* oben No. U. l V.

Multiplicationskreis von 19 Zoll Durchmesser, durch Verniers zu 4 Sec. getheilt, und von 9 Zoll; Azimuthalkr in 10 Sec. getheilt; Fernrohr von 24,5 Zoll Brennweite. Z. Oeffnung, prismatisches Ocular, drei Libellen, Beleu tungslampe, das Ganze in zwei Kasten 1200

Dem vorigen gleich und ähnlich, aber ohne Multipli cation 1000

Passageninstrument von 38 Zoll Länge der Horizont axe, mit Fernrohr von 73 Zoll Brennweite und 4½ Z. Oeff nung, 3 astron. Oculare, grofse Hängelibelle, Beleuchtung und Balancirungs-Apparat, Aufsuchkreis von 18 Zoll Durch messer 160

Passageninstrument von 26 Zoll Länge der Horizont axe, mit Fernrohr von 43 Z. Brennweite und 2,9 Zoll Oeff nung, 3 astron. Oculare, eine Hänglibelle, Beleuchtungs- u Balancirungsapparat 700

Aequatoreal[1], Durchmesser der beiden Kreise 24 Zoll der Stundenkreis ist in einzelne Zeitsecunden, der Declina tionskreis in 4 Raumsecunden mittelst Verniers getheilt; Stundenaxe hat 48, die Declinationsaxe 12 Zoll; das Fern rohr hat 48,5 Zoll Brennweite und 3,5 Zoll Oeffnung; Libellen u. s. w. . . . .

Portatives Aequatoreal auf 2 Fufs hohem soliden Ge stelle von Gufseisen; der Stundenkreis hat 10 Zoll Durch messer, der Declinationskreis 13,5 Zoll, jener giebt einzelne Zeitsecunden und dieser 4 Raumsecunden mittelst des Ver niers; die Stundenaxe ist 27 Zoll lang, das Fernrohr hat 3 Zoll Brennweite, 2,5 Zoll Oeffnung und 3 astronomische Ocu lare, zwei Libellen u. s. w. 1000

Meridiankreis von 37 Zoll Durchmesser; der Kreis giebt mittelst 4 Verniers, unmittelbar 2 Secunden, die Horizont axe ist 34 Z. lang, das Fernrohr hat 61 Z. Brennweite, 4,1 Oeffnung; dabei eine grofse Hänglibelle und eine kleinere Versicherung des Standes der Alhidade . . . . . 3100 und der Wagen zur Umlegung des Instruments . . 15

Meridiankreis von 24 Zoll Durchmesser, durch

1 S. Art. *Meridiankreis*. Bd. VI. S. 1805.

ers von 4 zu 4 Secunden getheilt; die Horizontalaxe
l Zoll Länge, das Fernrohr hat 48½ Zoll Brennweite und
oll Oeffnung . . . . 1600 fl.

L.

hermoelektricität. Thermomagnetismus.

Thermoelectricitas, Thermomagnetismus; Ther-
ectricité, Thermomagnétisme; *Thermo-electri-*
, *Thermo-Magnetism.*

Mit diesem Namen bezeichnet man im engern Sinne die-
e Classe von elektrischen Erscheinungen, welche durch
lofse Einwirkung der Wärme auf die besten Leiter der
ricität, insbesondere auf Metalle, erregt werden und mit
en zugleich auf eine gesetzmäfsige Weise magnetische
isationserscheinungen in diesen Körpern auftreten. Indem
die hier vorkommenden Erscheinungen als von einer
ricitätserregung oder Störung des elektrischen Gleichge-
tes abhängig ansieht und deren Erregung als das eigent-
Fundamentalphänomen betrachtet wird, gebührt dieser
e von Erscheinungen mit Recht der Name Thermoelektrici-
wodurch die charakteristische Art ihres Ursprungs ausgedrückt
Ebendiese Art des Ursprungs wird durch den Namen
momagnetismus ausgedrückt, sofern man zunächst nur den
etismus, unter welcher Form nämlich die hier erregte
igkeit sich kund thut, ins Auge fafst. Da die häufigste
wirksamste Form, unter welcher diese Erscheinungen auf-
t, die eines in sich zurückgehenden Kreises oder Bogens
insofern mehrere Individuen als Glieder in diesen Kreis
hn, die Form einer Kette ist, dieselbe, unter welcher
die gewöhnlichen galvanischen Erscheinungen auftreten,
nterscheidet man jene Kette durch den Namen der *thermo-*
ischen von der gewöhnlichen galvanischen als der *hydro-*
ischen und die elektrischen Ströme, welche in jener
als wirksam angenommen werden, als *thermo-elektri-*
von den gewöhnlichen galvanischen als *hydro-elektrischen,*

so wie auch von denen, welche durch die Schliefsung u
Oeffnung eines Magnets erzeugt werden, von den magne-
elektrischen.

I. Das Geschichtliche.

Dafs durch den blofsen Einflufs der Wärme das mi
che Gleichgewicht der Elektricität gestört und elektrische P
larisation erregt werden könne, war den Physikern längst b
kannt. Man hatte diese Erscheinung schon in früher Zeit
dem *Turmaline* erkannt und in neuern Zeiten an mehrer
andern krystellisirten Mineralien nachgewiesen. Diese Art
Thermoelektricität, welche man zum Unterschiede von je
nigen, die uns hier beschäftigt, die *Krystall-Elektricität*
nen könnte, bildet jedoch eine ganz eigene Classe von E
scheinungen von *statischer* Elektricität, während die hier
zuhandelnden zu den *elektro-dynamischen* gehören. Erst
werden in der Regel als dem Turmalin eigenthümlich
kommend betrachtet. Der Entdeckung der thermoelektrisch
Erscheinungen im engeren Sinne als unter der Form des Th
momagnetismus mufste erst der grofse Schritt vorangehn, d
Oersted auf dem Gebiete des Galvanismus gemacht hatte,
folgte aber auch demselben sehr bald nach. Sie gebührt au
schliefslich dem ausgezeichneten Physiker Seebeck, der ih
erste Mittheilung seiner Versuche der Berliner Akadem
einer Vorlesung am 16. August 1821 machte[1]. Seebeck w
durch seine Untersuchungen über den Magnetismus der hydro
elektrischen Kette auf diese interessante Entdeckung geleitet w
den. Er bemerkte nämlich bei Anwendung vorzüglich des W
muths und Antimons in Form einer Scheibe eine Ausnah
von dem allgemeinen Gesetze, dafs durch heterogene Metal
nur wenn sie unter Mitwirkung einer Flüssigkeit zur Kette gesch
sen sind, ein elektrischer Strom und davon abhängiger Magne
mus hervorgerufen werde. Es zeigte sich nämlich merkliche Ab
kung einer innerhalb eines Metallbogens aus Antimon und K
Wismuth und Kupfer angebrachten Magnetnadel, als Seeb

1 Denkschriften der Akademie der Wissenschaften zu B
Aus den Jahren 1822 und 1823. S. 265. Auch in Poggendorf A
1. 133. 253.

seinen Fingern das eine Metallstück hinabdrückte und so
Bogen schlofs. Bei weiterer Verfolgung dieser Erschei-
gen und durch Abänderung der Umstände entdeckte er
, dafs die Erwärmung der Berührungsstelle beim Schliefsen
Kreises durch seine Finger die eigentliche Bedingung des
lgs gewesen sey, und die neue Bahn war gebrochen. See-
k verfolgte seine Entdeckung nach allen Seiten und sam-
e eine Masse von Thatsachen, durch welche die neuent-
ten Verhältnisse auf eine erschöpfende Weise aufgeklärt
len. Ungeachtet schon im August und October 1821 und
tzt im Februar 1822 in verschiedenen Vorlesungen diese
rsuchungen der Berliner Akademie mitgetheilt wurden, so
hienen sie doch erst im Jahre 1825 im Druck. Indefs ver-
ete sich die Kunde der wichtigen Entdeckung durch
dliche Mittheilung, jedoch nur unvollständig. So kam es
, dafs Yelin in München unabhängig von Seebeck am
n März 1823 eine wichtige Thatsache, die übrigens See-
k schon früher erkannt hatte, entdeckte, nämlich, dafs
Bogen von einem homogenen Metalle zur Erregung ther-
lektrischer Ströme hinreichten, eine Thatsache, welche er
Verbindung mit vielen andern, ihm eigenthümlichen Er-
ungen im Gebiete des Thermomagnetismus der bairischen
demie der Wissenschaften in München in zwei Vorlesun-
mittheilte[1].

Durch Oersted, der im Jahre 1823 nach Paris reiste, wur-
diese merkwürdigen Erscheinungen auch den Franzosen be-
t. Oersted vereinigte sich damals mit Fourier, und
waren die Ersten, welche eine thermoelektrische Säule nach
der Volta'schen aus Wismuth und Antimon zusammen-
en und durch eine Reihe sinnreicher Versuche das Ge-
der Verstärkung der thermomagnetischen Wirkung durch
solche Säule bestimmten[2]. In diesem Jahre begann auch
Querel seine Versuche über das thermoelektrische Verhal-
der Körper; er construirte aus einem einzigen Metalle, aus
ferdraht, einen thermoelektrischen Apparat, und bestimmte
h genaue messende Versuche den Einflufs der verschie-

---

1 G. LXXIII. 361. 415.

2 Ihr Aufsatz findet sich in Schweigger's Journ. Th. XLI. S. 48.
len Annales de Chim. T. XXII. p. 375. übersetzt.

denen Temperaturen auf Verstärkung und Umkehrung der thermomagnetischen Polaritäten, wie man ihm denn auch die Feststellung des Gesetzes der thermomagnetischen Reihe verdankt[1].

In Holland wurde Seebeck's Entdeckung durch eine Reihe von Versuchen von A. van Beeck, Moll und In-len Nyvelt bestätigt, ohne jedoch etwas Wesentliches hinzuzufügen. In England stellte Cumming in Cambridge eine grofse Reihe von Versuchen an, bestimmte viele Verhältnisse ohne von Seebeck's Arbeiten Kenntnifs zu haben, und fügte eine neue wichtige Thatsache hinzu, indem er durch thermoelektrische Ströme Rotationsbewegungen um die Pole von Magneten zu Stande brachte[2]. Später untersuchte Sturgeon das thermomagnetische Verhalten von Metallen, die in verschiedenen Gestalten gegossen worden waren[3].

In Italien bethätigte Nobili, der sich so viele Verdienste um die Lehre vom Galvanismus und Elektromagnetismus erworben, auch auf dem Gebiete des Thermomagnetismus seinen Scharfsinn und sein grofses Experimentirtalent; sein größtes Verdienst in dieser Hinsicht ist die Anwendung der thermoelektrischen Säule als Thermometer, das auch das empfindlichste Differentialthermometer übertrifft und durch dessen Hülfe allein es dem Italiäner Melloni gelingen konnte, seine schönen Entdeckungen über die strahlende Wärme zu machen[4]. Endlich verdienen noch die grofse Reihe von Versuchen, welche Emmet in America[5] über die thermomagnetischen Erscheinungen von kalten und heifsen Metallen auf einander angestellt hat, und Bolto's[6] Versuche über die chemischen Wirkungen des elektrischen Stromes mächtiger thermomagnetischer Säulen hier eine Erwähnung.

---

1 Poggendorff's Ann. IX. 345. Schweigger's Journ. Th. XXX. S. 448. Besonders aber Traité de l'Électricité et du Magnétisme par Becquerel. Tom. II. III. Paris. 1834 u. 1835.

2 Schweigger's Journ. Th. XL. S. 302.

3 Philos. Magazine Juli 1831.

4 Nobili's Arbeiten finden sich in mehreren Aufsätzen in Schweigger's Journ. Th. LIII. S. 264. und in Poggendorff's Ann. XX. XXVII. 416.

5 Silliman's Journ. 25. u. 26. Band.

6 Poggendorff's Ann. XXVIII. 238.

II. Die Thatsachen.

Thermoelektrische Ketten aus zwei verschiedenen Metallen.

Die Volta'sche Theorie der Contact-Elektricität giebt eine igende Rechenschaft von der Unwirksamkeit einer in sich ickgehenden und in zwei Puncten sich berührenden Verlung zweier heterogener Körper, mögen diese aus einer der en Hauptclassen der Erreger des Galvanismus, den trockeoder den feuchten, oder aus beiden Classen zugleich gemen seyn. Dieselbe Theorie giebt auch genügende Reschaft von der Unwirksamkeit jeder aus bloſsen Erregern ersten Classe zusammengesetzten Kette, in welcher Zahl Abwechselung auch diese Erreger auf einander folgen mö, und zwar aus dem durch alle Versuche festbegründeten tze der Spannung, welchem zufolge die nach entgegengesetzeiten auftretenden Spannungen oder ihre Summen sich überall ommen gleich sind und sich einander im Gleichgewichte ern, so daſs kein elektrischer Strom zu Stande kommt. In Bezie auf die zweigliedrigen Ketten aus einem Erreger der ersten einem Erreger der zweiten Classe hatte indeſs die Erfahrung rt, daſs ein Uebergewicht der Zahl der Berührungspuncte er einen Stelle über die an der andern Stelle zu einem, gleich sehr schwachen, elektrischen Strome Veranlasgeben könne; dagegen hatte sich für die Erreger der Classe so wenig in den zweigliedrigen als in den mehrgliedn Ketten ein solcher Einfluſs des Uebergewichts der Bengspuncte auf der einen oder andern Seite nachweisen . Diese vollkommene Unwirksamkeit geschlossener Ketus Erregern der ersten Classe[1] gilt jedoch nur unter der

---

Ganz neuerlich hat Mosza (Repertorium der Physik. Th. II. S. Versuche bekannt gemacht, die diesem Satze zu widersprechen en. Er will nämlich einen freilich nur schwachen elektrischen erhalten haben, wenn er mit dem Quecksilber, mit welchem ine Ende des Multiplicators in Verbindung stand, eine Zinkin Berührung brachte, die an dem andern Ende des Multiplihing, und schreibt diese Wirkung der chemischen Verbindung inks mit dem Quecksilber zu. Auch mit Legirungen aus Zink inn, Zink und Blei will er unter diesen Umständen einen Strom

Bedingung einer Gleichheit der Temperatur derselben und namentlich keiner merklichen Differenz der Temperatur an deren Berührungsstellen. Sobald diese statt findet, tritt auch sogleich eine Störung des elektrischen Gleichgewichts und damit gegebene elektrische Strömung durch den Umkreis der Kette ein, die sich zunächst durch jene merkwürdige elektromagnetische Thätigkeit kund giebt, welche der gewöhnliche galvanische (hydroelektrische) Strom in den Metallen, die ihm zu Leitern dienen, hervorruft, und durch welche auch am sichersten die Richtung und die Intensität der thermoelektrischen Ströme und eben damit das Verhalten der Metalle und anderer Körper gegen einander in dieser besondern Art von Ketten erkannt wird. Der einfachste Apparat, womit die Erscheinungen in einem auffallenden Grade dargestellt werden, ist der in der Zeichnung gegebene. Man löthet an die beiden Enden einer Stange von Wismuth von 6 bis 9 Zoll Länge, einem halben Zoll Breite und einer oder zwei Linien Dicke einen dünnen Kupferstreifen von gleicher Breite, welcher zweimal rechtwinklig gebogen und von dem Wismuthstreifen hinlänglich entfernt ist, um zwischen beiden auf einem kleinen Fuſse eine Magnetnadel aufstellen zu können. Man stellt diese in sich zurückgehende Combination so, daſs die Längenaxe der Streifen in die Ebene des magnetischen Meridians fällt und also die Richtung der Magnetnadel parallel mit

Fig. 49.

erhalten haben, den die Ablenkung der Magnetnadel anzeigte. Eine Wirkung war mit einer allmäligen Auflösung des Quecksilbers verbunden. Kupfer zeigte nichts. Ich habe mit der gröſsten Sorgfalt mit sehr groſsen blanken Zinkplatten und Stanniolplatten diesen Versuch, aber ohne allen Erfolg, wiederholt. An der geringen Empfindlichkeit meines Multiplicators kann das Nichtgelingen nicht gelegen haben, da mir durch denselben Ströme in andern Fällen angezeigt wurden, wo Mosza sie nicht erhielt, z. B. wenn zwei Säuren mit einander in Berührung standen, die durch Platten von Platin, Silber, Kupfer an die Enden des Multiplicators zur Kette geschlossen wurde. Auch blieb der Strom aus, wenn eine ganz frische Fläche von Kalium in [illegible] trockener Luft mit dem Quecksilber in Berührung gebracht wurde. Wenn aber auch die Angabe Mosza's ganz richtig ist, so ist es doch höchst wahrscheinlich, daſs diese Ketten nach dem Gesetze der thermoelektrischen gewirkt haben, da an der Berührungsstelle des Zinks mit dem Quecksilber, wo jenes allmälig aufgelöst wurde, nothwendig entweder Erniedrigung der Temperatur (nach Döbereiner) oder Erhöhung derselben entstehn muſste.

— Axe ist. Das Ende a sey nach Süden und also das
b nach Norden gerichtet. So lange in allen Puncten
Systems die Temperatur dieselbe bleibt, kein Punct
sen vorzugsweise vor den andern merklich erhitzt oder
hlt wird, bleibt die Magnetnadel unverrückt in ihrer
— sie mag sich innerhalb beider Metallstreifen oder ober-
es Kupferstreifens oder unterhalb der Wismuthstange be-
Tritt aber eine Temperaturdifferenz in dem Systeme
ird namentlich die eine oder andere Löthstelle erhitzt
erklich abgekühlt, so kommt sowohl die Declinations-
Inclinationsnadel, wenn letztere auf eine passende Weise
er Combination aufgestellt ist, in Bewegung, und zwar
—n oder schnell, je nachdem die Temperaturdifferenz
ner oder schneller steigt, und erreicht endlich ein ge-
Maximum; so wie aber durch Entfernung der Quelle
wärmung oder durch Abkühlung die Temperaturdiffe-
ich allmälig wieder gleicht, kehrt die Magnetnadel lang-
ihre normale Lage zurück. Die Abweichung der Ma-
del ist eine *östliche* oder *westliche*, je nachdem das nörd-
oder südliche Ende erhitzt oder abgekühlt wird und die
tnadel sich oberhalb des Kupferstreifens, zwischen den bei-
reifen oder unterhalb des Wismuthstreifens befindet. Eben-
kt sich oder hebt sich die Nadel, je nachdem das nörd-
oder südl. Ende der Combination erwärmt wird und die
auf der östlichen oder westlichen Seite des einen oder an-
treifens sich befindet. Folgendes ist die Uebersicht die-
rhältnisse:

Declinationen.

Nadel.			
wischen KB	bei Erwärmung von a	westlich	stärker
	— — — b	östlich	stärker
iber K / inter B	— — — — a	östlich	schwächer
iber K / inter B	— — — — b	westlich	schwächer

ationen einer horizontal und mit B parallel gestellten Nadel
rwärmung von a.

An der Ostseite von B Erhebung des Nordpols
— — — von K Senkung des Nordpols

An der Westseite von D. Senkung des Nordpols
— — — von K. Erhebung des Nordpols.

Entgegengesetzt sind die Inclinationen bei der Erw[illegible] von h. Auch eine eigentlich so genannte Inclination[illegible] zeigt die gleichen Bewegungen, wenn die Kombination [illegible] gang gestellt wird, dafs die Streifen parallel mit der [illegible]tung der Inclinationsnadel sind. Nimmt man statt eines [illegible]fens von Wismuth einen Streifen von Antimon mit [illegible]tung des Kupferstreifens, so verhalten sich unter [illegible] Bedingungen die Erscheinungen auf eine entgegengesetzte [illegible] wo östliche Abweichung im ersten Falle statt fand, [illegible] westliche Abweichung statt und umgekehrt, und wo [illegible] des Nordpols beobachtet wurde, tritt eine Senkung ein [illegible]gekehrt. Wird Antimon dem Kupfer substituirt und [illegible] die Combination wie im ersten Falle angeordnet, so [illegible] alle Verhältnisse der Ablenkung und Senkung oder [illegible] dieselben, nur treten bei denselben Temperaturdifferenzen [illegible] Bewegungen in einem erhöhten Grade ein.

Man sieht auf den ersten Blick, dafs sich hier die [illegible]scheinungen eines Transversalmagnetismus ganz nach [illegible]ben Gesetze einstellen, als wenn dieser Bogen von [illegible] wöhnlichen galvanischen Strome durchlaufen würde, [illegible] wie wenn der positiv-elektrische Strom bei Anwe[illegible] Wismuths mit dem Kupfer jedesmal in der erwärmt[illegible] in der Richtung von dem Wismuth nach dem Kupfer [illegible] Anwendung des Antimons in der Richtung vom Kupfer [illegible] dem Antimon und bei Anwendung eines Bogens von W[illegible] und Antimon in der Richtung vom Wismuth zum [illegible] sich bewegte.

Dieser einfache Apparat ist, so viel mir bekann[illegible] Pouillet, auf eine sinnreiche Weise abgeändert worden, [illegible] man mit gröfster Leichtigkeit die überraschenden thermom[illegible]schen Wirkungen jederzeit wahrnehmen kann. Aus der [illegible]schnittszeichnung wird die Construction vollkommen [illegible] Der Haupthestandtheil des Apparates ist ein 6 bis 8 [illegible] auch weniger Zoll langer, etwa 0,75 Z. breiter [illegible]pferblech kk', unter welchem sich das [illegible] Wismuth ww' mit seinen beiden Enden [illegible] beide in ein rundes Fufsbret abcd mit [illegible] zur Herstellung der horizontalen Lage, so [illegible]

Fig. 60.

Enden kk' des Kupferstreifens mit der Oberfläche des
ites in eine Ebene fallen. Der Kupferstreifen ist in der
ite durchbohrt, um das Stäbchen von Holz, Fischbein oder
pfer, worauf die beiden Magnetnadeln n s, n's' festgesteckt
l, durchzulassen. Daſs die letzteren vereint eine Nobili'-
s astatische Nadel bilden, die vermittelst eines Coconfadens
Häkchen α aufgehangen ist, ergiebt die Zeichnung, auch
t man, daſs das obere Ende des Fadens an einer messing-
Stange, die wegen der Wölbung der übergestürzten Glas-
ke defg gebogen seyn muſs, auf irgend eine geeignete
se befestigt ist, indem dasselbe entweder durch einen
chnitt in das Ende β dieser Stange gezogen, oder über
daselbst befindliche kleine Rolle geschlungen, von da an
ingert unter dem Rande der Glocke durchgeführt und um
1 Stift gewickelt wird, damit man den Faden nachlassen
straffer anziehn könne, um beide Nadeln in die gehörige
rnung vom Kupferstreifen zu bringen. Das Fuſsbret wird
einer ganzen Oberfläche, bis auf einen äuſseren schmalen
, mit starkem Papier überklebt, auf welchem ein in Grade
ilter Kreis so befindlich ist, daſs man die Bewegung der
n Magnetnadelspitze danach messen kann; man sieht daher
der ganzen Vorrichtung nur zwei runde, etwa 0,6 Z. im
ımesser haltende Stellen des Kupferstreifens bei k, k', die mei-
der Schönheit wegen übergoldet sind. Berührt man die eine
ben mit einem wärmeren oder kälteren Körper, als der Ap-
elbst ist, so erfolgt augenblicklich eine Bewegung der Magnet-
ıuf eine sehr überraschende Weise, selbst bei nur momenta-
rührung und unbedeutender Temperaturdifferenz. Daſs die
bei Berührung der einen dieser Stellen sich nach der einen
ei Berührung der andern sich nach der entgegengesetzten
bewege, versteht sich von selbst. Man kann auch den
streifen von k bis k' führen, dann umbiegen und unter
rsten Ende hinlaufend bis zu gleicher Länge mit diesem
gern und zwischen beide Enden ein Stück Wismuth w
, in welchem Falle nur die eine Stelle k thermoskopisch

Ist die combinirte Magnetnadel im strengsten Sinne
h, so kostet es Mühe, sie nach irgend einer Bewegung
he zu bringen, was deswegen unangenehm ist, weil sie
m Kupferstreifen parallel laufen muſs, wenn man die
V kung verlangt. In diesem Falle ist es leicht, ihr

durch eine in den Träger der Nadeln gesteckte magnetische Spitze einer englischen Nähnadel oder durch geringe Schwächung der oberen Nadel eine Spur von Polarität zu geben, so dann läfst sie sich leicht durch Drehung des Fufsbretes um seine verticale Axe mit den Streifen parallel stellen.

Es läfst sich auch ein Longitudinalmagnet mit den entgegengesetzten Polen an den Enden der Längenaxe der Metallstreifen darstellen. Man löthe zu diesem Behufe einen Kupferstreifen von 8 Zoll Länge und einer halben Linie Dicke und einen gleich langen Antimonstreifen von 6 Linien Dicke, beide von hinlänglicher Breite, zu einem Cylinder von 4 Linien im Lichten zusammen. Um seine magnetische Thätigkeit zu entwickeln, mufs die Berührungslinie, in welcher die beiden Streifen zusammengelöthet sind, durch heifse Bolzen von gehöriger Länge oder durch eine Reihe von Lampen erwärmt werden. Ein solcher Cylinder, wie der angegebene, gab Seebeck eine ruhende Declination von 75°, wenn die Boussole die Enden des Cylinders berührte, und es wurde in N der Südpol der Magnetnadel, in S. der Nordpol angezogen, die Pfeile in der Figur bezeichnen die Richtung des nördlichen und südlichen Magnetismus in der magnetischen Atmosphäre des Cylinders, und die Nadel SN zeigt die Declination aufser der Mitte des Cylinders an. Alle diese Verhältnisse gelten für eine Stellung des Cylinders mit seiner Längenaxe in der Richtung der magnetischen Mittagslinie, das Kupfer auf der östlichen, das Antimon auf der westlichen Seite bei Erwärmung der untern Löthungslinie. Ein solcher Cylinder, an einem feinen Coconfaden aufgehängt, dreht sich auch in diese Richtung. Wenn dagegen statt des Antimons Wismuth genommen wurde, so verhielt sich unter den gleichen Umständen Alles auf eine entgegengesetzte Weise, und ein solcher Wismuthcylinder dreht sich so, dafs der Halbcylinder von Wismuth nach Osten, der Halbcylinder von Kupfer nach Westen gerichtet ist.

Fig. 51.

Um alle bisher angegebene Erscheinungen hervorzubringen, ist die wesentliche Bedingung nur die Differenz der Temperatur in der Berührungsstelle der beiden Glieder der Kette, ob dieselbe nun durch künstliche Erwärmung einer der beiden Stellen durch irgend einen Wärmequell oder auch durch künstliche Abkühlung hervorgerufen wird, wobei dann

stlich abgekühlte Stelle in Beziehung auf die bei der ge-
mlichen Temperatur beharrenden das Aequivalent von die-
in der Kette mit erhitzter Berührungsstelle ist. Als Beleg
; folgender von SEEBECK gemeinschaftlich mit HEINRICH
iz angestellter Versuch dienen. Ein Ring, halb aus Anti-
ı von 0,5 Zoll Dicke und halb aus dünnem Kupfer-
h von 0,5 Zoll Breite bestehend, wurde in eine Mischung
2 Theilen Schnee und 5 Theilen gepulvertem, salzsaurem
k gestellt, und zwar so, dafs Antimon im Süden, Kupfer
Norden stand. Die Magnetnadel innerhalb des Rings wich
bleibend östlich ab, als bei 6° R., im Zimmer der untere
ihrungspunct auf — 32° erkaltet war. Innerhalb eines vier-
gen Rahmens aus zusammengelöthetem Antimon und Wis-
h wich die Nadel um 35° westlich ab und hielt sich fast
halbe Stunde so, als Wismuth im Süden, Antimon im
len stand, der untere Berührungspunct — 45° R. und der
e — 6° hatte. Dafs auch blofs die Temperaturdifferenz
Wirkung bestimmt, ergiebt sich noch weiter daraus, dafs
Gröfse der Wirkung, durch die Ablenkung der Magnet-
el gemessen, mit dieser Temperaturdifferenz wächst, wor-
r in einer besondern Rubrik das Nähere weiter unten fol-
wird.

Thermomagnetische (thermoelektrische) Reihe der Körper, insbesondere der Metalle, Erze u. s. w.

Ganz auf dieselbe Weise, wie Wismuth und Antimon mit
fer oder beide erstere sich unter einander verhalten, ver-
n sich alle Metalle, Metalllegirungen, viele natürliche Ver-
ungen der Metalle mit Schwefel und Sauerstoff, welche
kommene Leiter der Elektricität sind, je zwei und zwei
einander zur geschlossenen Kette combinirt, wobei es eben
t erforderlich ist, dafs die Berührungsstellen zusammenge-
et werden, was in vielen Fällen nicht anwendbar wäre,
ern ein Zusammennieten, eine innige Berührung, eine
chlingung um einander, wenn die Körper in Drahtform
wandt werden können, reicht hin, auch die starre Form
nicht erforderlich, sondern das eine oder andere kann auch
geschmolzenem Zustande angewandt werden, und zwar

verhält sich das eine gegen das andere wie Wismuth gegen Antimon oder das Verhältniß ist das umgekehrte, wobei sich eine höchst merkwürdige Reihenfolge der Körper ergiebt.

Die umfassendsten Versuche hierüber sind von Seebeck, nächst ihm von Cumming in Cambridge angestellt worden, wobei Ersterer sich bloß der Magnetnadel bediente, Letzterer aber zugleich den Multiplicator mit zu Hülfe nahm. Diesen Versuchen zufolge lassen sich alle Körper, welche in allen Combinationen eine merkliche thermomagnetische Wirkung darbieten, bei denen also die Differenz der Temperatur der beiden Berührungsstellen mit einander die Erregung eines elektrischen Stroms, wie die Theorie weiter unten nachweisen wird, bestimmt, in eine große thermomagnetische oder thermoelektrische Reihe ordnen, welche in vieler Hinsicht Analogie mit der bekannten galvanischen Spannungsreihe hat. Diese thermomagnetische Reihe bezieht sich auf das Verhalten der beiden Berührungsstellen der mit einander combinirten Glieder gegen einander, deren Temperaturdifferenz zunächst in Betracht kommt. Diesem Verhalten gemäß lassen sich alle thermomagnetisch wirkende Körper in eine solche Reihenfolge ordnen, daß der in derselben vorausstehende mit jedem auf ihn folgenden zur Kette combinirt, unter denselben Bedingungen der Richtung der beiden Berührungsstellen gegen die Weltgegenden und der Temperaturdifferenz, so daß die nach derselben Weltgegend gerichtete Berührungsstelle die wärmere, die nach der entgegengesetzten Weltgegend gerichtete die relativ kältere ist, stets dieselbe Art der Ablenkung der Magnetnadel, westliche oder östliche, dieselbe Art der Bewegung der Neigungsnadel, Senkung oder Erhebung bewirkt. Wenn man alle thermomagnetischen Erscheinungen als abhängig von einem elektrischen Strome, der in der geschlossenen Kette circulirt, betrachtet, so verhält sich, unter der Voraussetzung, daß die hier thätig werdende (positive) elektr. Strömung von der erwärmten Stelle ausgehe, das eine thermomagnetische Glied in Beziehung auf das ihm in der Reihe folgende gleichsam als ein negatives, das in der Reihe darauf folgende als ein positives nach der Analogie der galvanischen Spannungsreihe, in welcher dasjenige Glied das negative ist, von welchem der (positive) elektrische Strom sich nach dem mit ihm in Berührung befindlichen bewegt, welches darum das positive

nannt wird, und die Reihe schreitet dann von dem am mei-
n negativen, gegen welches alle darauf folgende sich als
sitive verhalten, zu denen also von jenem der Strom sich
der erwärmten Stelle bewegt, zu dem am meisten positi-
n fort, gegen welches alle voranstehenden sich als negative
rhalten, nach derselben Art, wie in der galvanischen Span-
ngsreihe. Aus dieser Reihe läſst sich dann jedesmal zum
raus bestimmen, wie sich die magnetischen Erscheinungen
rhalten werden, wenn man je zwei solcher Körper mit ein-
ler combinirt und die eine oder andere Berührungsstelle
wärmt. Diese Bezeichnung als negative und positive Glie-
r würde sich indessen umkehren, wenn man annähme,
ſs die elektrische Thätigkeit, der elektrische Strom, von der
ativ kälteren Stelle ausgehe, doch würde darum die Rei-
nfolge selbst unverändert bleiben und die Orientirung in
ücksicht auf den jedesmaligen Ausfall der magnetischen Er-
scheinungen auf gleich leichte Weise geschehn. Da die An-
hme von elektrischen Strömen in den thermomagnetischen
tten fast von allen Physikern angenommen worden ist, so
t auch die Bezeichnung der thermomagnetisch thätigen Kör-
r als positive und negative vom Anfang an fast allgemeinen
ngang gefunden und namentlich hat Cumming dieselbe ge-
ihlt. Nur Seebeck, der das magnetische Verhalten zunächst
s Auge faſste und auf die hierbei thätigen elektrischen Strö-
e keine Rücksicht nahm, unterschied die thermomagnetischen
örper in Beziehung auf jenes constante Verhalten gegen ein-
der rücksichtlich der Erregung und Richtung der magneti-
ſchen Polarisation in *östliche* und *westliche*. Denkt man sich
mlich je zwei derselben nach dem oben angegebenen Sche-
a so mit einander combinirt, daſs sie einen Longitudinalma-
et bilden, und einen solchen Cylinder bei Erwärmung der
tern Berührungslinie in der normalen Lage mit seinem Nord-
le nach Norden gerichtet, so befindet sich von den beiden
lbcylindern derjenige auf der Ostseite, welcher sich nach
r ersten Ansicht als der negative verhält, der andere, der
sitive, auf der Westseite, das nach der thermoelektrischen
sicht negative Ende der Reihe verwandelt sich demnach
ch der thermomagnetischen in das östliche, das positive Ende
das westliche, und von je zwei Körpern der Reihe auf ein-
der bezogen verhält sich stets der dem einen Ende näher

gelegene als östlicher in dem angegebenen Sinne, der andre dem entgegengesetzten Ende näher gelegene als westlicher. Diese Reihe gilt jedoch in ihrer Constanz nur innerhalb gewisser Grenzen der Temperaturdifferenz, indem in höhern Temperaturen wenigstens für einzelne Combinationen die thermoelektrischen Verhältnisse sich umkehren, indem die Thätigkeit abnimmt, durch 0 hindurchgeht und sich in die entgegengesetzte Polarisation verwandelt, wie aus der nähern Erörterung der Gesetze der Abänderung der thermomagnetischen Thätigkeit weiter unten ersichtlich seyn wird. Wir lassen nun zuerst die Reihe der *Metalle* nach SEEBECK[1] folgen, wie sie sich für geringere Temperaturdifferenzen ergab.

Oestlich Negativ.

1. *Wismuth*, a) wie er in Berlin im Handel vorkommt, enthält etwas Eisen mit Schwefel verbunden;
   b) aus einem Oxyd von H. ROSE reducirt.
2. *Nickel*, a) eine Stange von RICHTER verfertigt;
   b) mehrere Stangen und Körner von FRICKE aus reinem Oxyd bereitet.
3. *Kobalt*, a) von HERMBSTAEDT nach dessen Angabe dargestellt, nicht ganz frei von Eisen;
   b) ein von BERGMANN reducirtes Korn;
   c) von BARRUEL, die beiden letzteren etwas stärker als das erstere mit Kupfer Nr. 1. wirkend.
4. *Palladium*, a) von WOLLASTON;
   b) von BARRUEL.
5. *Platin*, Nr. 1. reines a) mehrere Stücke von verschiedenen Chemikern gereinigt;
   b) ein Tiegel aus KLAPROTH's Laboratorium.
6. *Uran*, ein von BERGEMANN reducirtes Korn, in Farbe dem Kobalt nahe kommend, etwas Eisen enthaltend.
7. *Kupfer*, Nr. 0. zwei von BERGEMANN aus reinem Oxyde durch schwarzen Fluſs reducirte Körner.
8. *Mangan*, zwei Proben reducirt von POGGENDORFF und BARRUEL.
9. *Titan*, aus Eisenschlacken von der Königshütte in Oberschlesien ausgeschieden von KARSTEN.

---

1 Abhandl. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1822. 1823. S. 284. Poggendorff Ann. VI. 17.

Messing, Nr. 1.

Gold, Nr. 1. eine Stange von ungarischem Ducatengolde, enthielt nach der Analyse von H. Rose 99,00 Gold, 0,66 Silber und 0,34 Kupfer mit etwas Eisen. Auch zu einem Blechstreifen gewalzt nahm es dieselbe Stelle in der Reihe ein.

Kupfer, Nr. 1. a) in Berlin im Handel vorkommend, keine fremden Metalle enthaltend;
b) geschmolzenes von Neustadt-Eberswalde.

Messing, Nr. 2.

Platin Nr. 2. ein kleines geschmolzenes Stück.

Quecksilber, vom reinsten im Handel vorkommenden.

Blei, a) käufliches;
b) reines von Karsten.

Zinn, a) englisches;
b) böhmisches.

Platin, Nr. 3. eine Stange 1802 von Jeannetty erstanden.

Chrom, ein kleines von Bergemann reducirtes Korn von stahlgrauer Farbe.

Molybdän, von Barruel.

Kupfer, Nr. 2. im Handel vorkommend, keine fremden Metalle enthaltend.

Rhodium, von Wollaston und Barruel.

Iridium, von Barruel.

Gold, Nr. 2. a) durch Antimon gereinigt;
b) aus dem Oxyde reducirt.

Silber, a) Kapellensilber in Stangen;
b) aus salzsaurem Silber reducirt.

Zink, a) schlesisches;
b) gereinigtes von Bergemann gab mit den meisten Metallen eine stärkere Wirkung als ersteres.

Kupfer, Nr. 3. Cämentkupfer, sowohl durch Eisen als auch durch Zink aus Kupfervitriol reducirt.

Wolfram, aus reinem Oxyd mit Kohle reducirt.

Platin, Nr. 4. a) der Deckel von dem obenangeführten Platintiegel;
b) ein Löffel;
c) ein Spatel.

Cadmium.

Stahl, mehrere Stücke engl. u. deutschen Gufs- u. Cämentstahls.

32. *Eisen*, von dem besten in Berlin im Handel vorkom[menden] Stangeneisen, und chemisch-reines Ei[sen].
33. *Arsenik*, sublimirt ganz rein.
34. *Antimon*, wie es im Handel vorkommt und ganz rein.
35. *Tellur*, ein Korn.

Westlich. Positiv.

In höherer Temperatur ordneten sich nach Seebeck's Ve[r]suchen mit zweigliedrigen Ketten ohne Anwendung des M[ul]tiplicators die verschiedenen Körper auf folgende Weise:

Oestlich. Negativ.

1) Wismuth.	11) Messing Nr. 1.
2) Nickellegirung.	12) Kupfer Nr. 0.
3) Palladium.	13) Kupfer Nr. 1.
4) Platin Nr. 1.	14) Kupfer Nr. 2.
5) Platin Nr. 3.	15) Gold Nr. 1.
6) Platin No. 4.	16) Gold Nr. 2.
7) Blei.	17) Zink.
8) Zinn.	18) Silber.
9) Stahl.	19) Antimon.
10) Stabeisen.	Westlich. Positiv.

Cumming stellte folgende Reihe auf, wobei die thermoel[ek]trische Thätigkeit als von der erwärmten Stelle ausgeh[end] [an]genommen ist:

Negativ.

Bleiglanz.	Rhodium.
Wismuth.	Gold.
Quecksilber. }	Kupfer.
Nickel. }	Iridium und Osmium.
Platin.	Silber.
Palladium.	Zink.
Kobalt. }	Kohle.
Mangan. }	Graphit.
Zinn.	Eisen.
Blei.	Arsenik.
Messing.	Antimon.

Positiv.

Man sieht auf den ersten Blick, dafs die thermoelektr[ische] Reihe wesentlich von der gewöhnlichen galvanischen Sp[an]nungsreihe abweicht. Seebeck stellt für mittlere Temper[atu]ren folgende galvanische Spannungsreihe auf.

+E

Zink.	Wismuth.
Blei.	Eisen (?).
Zinn.	Kupfer Nr. 2.
Antimon.	Platin Nr. 1.
	Silber.
	—E.

Spannungsreihe verändert sich aber, wie SEEBECK durch
Versuche gefunden hat, sehr auffallend, worauf wir im Abschnitte: Theorie zurückkommen werden. Wollte man die
elektrischen Ströme, die in der thermoelektrischen Kette thätig
sind, von der durch die galvanische Spannungsreihe nachgewiesenen elektromotorischen Kraft, mit welcher die Metalle in
den Berührungspuncten auf einander wirken, ableiten, und
zwar unter der Voraussetzung, dafs die elektromotorische Kraft
durch die Temperaturdifferenz so modificirt werde, dafs sie
an der einen Berührungsstelle das Uebergewicht gewonnen
habe über die elektromotorische Thätigkeit in der andern Berührungsstelle, so würden sich nach Mafsgabe der thermoelektrischen Reihe die Metalle, je zwei und zwei zusammengesetzt, in zwei Classen theilen, indem in der einen, wie bei
Zink und Wismuth, Zink und Silber, Antimon und Silber,
Antimon und Kupfer u. s. w. das Uebergewicht des Stroms
von der erwärmten Berührungsstelle, in der andern Classe,
wie bei Wismuth und Kupfer, Wismuth und Silber, Blei
und Silber u. s. w. als von der relativ kältern Stelle ausgehend angenommen und folglich der Erwärmung ein entgegengesetzter Einflufs auf die Modification der elektromotorischen Kraft in diesen beiden Classen zugeschrieben werden
müste.

SEEBECK hat aufser den Metallen noch eine Menge anderer Körper in Rücksicht auf ihr thermoelektrisches Verhalten
gegen einander geprüft, namentlich viele Legirungen, die zu
manchen interessanten Resultaten geführt haben und welche
an die Versuche RITTER's über die Modificationen erinnern,
welche die Metalle durch ihre Verbindung in mannigfaltigen
Verhältnissen mit einander in ihrem elektromotorischen Verhalten erleiden. So zeigen, wie aus der zuerst folgenden Tabelle erhellt, die Legirungen von Wismuth und Blei, von
Wismuth und Zinn, das Merkwürdige, dafs sie höher als

Kupfer Nr. 2., d. h. dem negativen Ende näher stehn, wenn das Wismuth in ihnen vorwaltet, tiefer dagegen als das Kupfer, wenn das Wismuth den 4ten Theil oder weniger darin ausmacht, so dafs also durch die Vereinigung eines mehr negativen Metalls mit einem weniger negativen eine Verbindung entsteht, die selbst positiver als dieses letztere ist, und es eine Legirung beider Metalle in einem solchen Verhältnisse geben mufs, dafs ihre thermomagnetische Combination mit dem Kupfer Nr. 2., ungeachtet der Temperaturdifferenz der beiden Berührungsstellen, dennoch Null ist. Ebenso mufs unter den Legirungen von Antimon und Wismuth eine vorkommen, die mit Kupfer Nr. 2. keine Wirkung giebt. Dafs gewisse Legirungen des Antimons mit Zinn noch positiver als das Antimon selbst sind, d. h. mit dem Antimon sich nach Seebeck's Bezeichnungsart westlich verhalten, stimmt ganz mit der Erfahrung in der galvanischen Spannungsreihe überein, wonach gewisse Legirungen von Zink mit Zinn, von Zink mit Quecksilber noch positiver sind als das reine Zink selbst, das mit ihnen noch negativ wird. Aus der zweiten der nachfolgenden Tabellen ergiebt sich, dafs einige der leichtflüssigen Metalllegirungen, namentlich die von d'Arcet aus 8 Theilen Wismuth, 5 Theilen Blei und 3 Theilen Zinn und ein Paar Legirungen von Wismuth und Zinn, eine verschiedene Stelle einnehmen, je nachdem sie sich im starren oder flüssigen Zustande befinden, und zwar im ersteren Zustande stets dem positiven Ende näher stehn als im letzteren; dafs ferner einige derselben nach dem zweiten Erstarren an einer andern Stelle gefunden werden, als in dem ursprünglichen festen Zustande nach dem Gusse, eine Stelle, welche sie aber nicht weiter verändern, wenn sie dann von neuem geschmolzen werden und abermals erstarren. Für diejenigen Legirungen, welche im flüssigen Zustande dem negativen Ende näher stehn als im starren, mufs es bei ihrer Verbindung zu Ketten mit denjenigen Metallen, welche zwischen diesen äufseren Stellen liegen, eine Temperatur geben, bei welcher die magnetische Polarisation Null ist. Die dritte Tabelle betrifft einige merkwürdige Legirungen von Nickel, Eisen u. s. w.

Erste Tabelle.

instlich herge-tellte Metalle.	Legirungen.
ismuth.	Wismuth 3 Theile und Antimon 1 Theil — — — — Zink 1 — — — — — Kupfer 1 — — 1 Theil — — 1 — — 1 — — — 3 Theile.
kel.	
in Nr. 1.	
d Nr. 1.	
i.	
n.	Wismuth 1 Theil und Zink 3 Theile. — — 1 Theil und Blei —
iin Nr. 3.	Wismuth 1 Theil und Zinn —
ıfer Nr. 2.	Wismuth 1 Theil und Blei 1 Theil.
d Nr. 2.	
ıer.	Wismuth 1 Theil und Zinn 1 Theil.
k.	Wismuth 3 Theile und Zink 1 Theil (Rose's leichtflüssiges Metallgemisch). Wismuth 1 Theil und Antimon 1 Theil. Antimon 3 Theile und Kupfer 1 Theil; Antimon 1 Theil und Kupfer 1 Theil; Antimon 1 Theil und Kupfer 3 Theile. Antimon 3 Theile und Blei 1 Theil; Antimon 1 Theil und Blei 1 Theil; Antimon 1 Theil und Blei 3 Theile. Antimon 1 Theil und Zinn 1 Theil; Antimon 1 Theil und Zinn 3 Theil.
l.	
eisen.	Wismuth 3 Theile und Zinn 1 Theil. — — 3 Theile und Antimon 3 Theile. Antimon 1 Theil und Zink 3 Theile.
mon.	Antimon 1 Theil und Zink 1 Theil. — — 3 Theile — — 1 Theil.

Künstlich hergestellte Metalle.	Legirungen.
Gold Nr. 1.	
	g) Messing No. 2.
	h) Glockengut aus 100 Theilen Kupfer und [illegible] Theilen Zinn bestehend.
	i) 3 Stück Doppelfriedrichsd'or.
Blei.	
Zinn.	
Platin Nr. 3.	
	k) 6 Stück Friedrichsd'or.
	l) Fischer's gelber Stahl, das andere Ende
	m) Tutania Metall.
Kupfer Nr. 2.	
	n) Preufsische Thaler von 1820 und 1821.
	o) Ein Korn bestehend aus Rhodium, Palladium und etwas Platin.
	p) Spiegel-Composition aus 2 Theilen Kupfer und 1 Theil Zinn.
	q) Probestangen von 2- bis 11löthigem Silber.
Gold Nr. 2.	
	r) Probestangen von 12- bis 16löthigem Silber
Silber.	
Zink.	
Platin Nr. 4.	
	s) Kohle, angeblich thermoxydirte.
Stahl.	
Stabeisen.	
	t) Platin mit 9,5 Proc. Arsenik.
	u) Wootz (Stahl).
	v) Wootz mit 0,01 Platin.
	w) Wootz mit 0,01 Rhodium.
	x) Regulus Antimonii martialis.
Antimon.	
Tellur.	

;ressant für die Theorie des Elektromagnetismus mufste be-
ders auch die Untersuchung des Verhaltens der Kohle so-
il für sich als auch in ihren verschiedenen Verbindungen
Eisen seyn, in welchen sie den gewöhnlichen Graphit,
seisen, Stahl und Stabeisen darstellt, besonders mit Rück-
it auf das Verhalten der beiden ersteren in der galvani-
m Spannungsreihe. Gewöhnliche Kohle von Buchen, Ei-
n, Haselstauden fand Seebeck ganz unwirksam, wahr-
inlich weil die Stücke nicht stark genug ausgeglüht wa-
Ein Stück sogenannter thermoxydirter Kohle (durch den
trischen Strom stark ausgeglüht?), welche Seebeck von
weigel erhalten hatte, zeigte sich mit Kupfer No. 2.,
er, Zink positiv, und stand unterhalb diesen, also dem
tiven Ende sehr nahe. Alle Arten von Roheisen verhalten
mehr negativ, alle stehn dem Wismuth näher als das
eisen, aber nicht alle Flächen der Bruchstücke eines Roh-
flusses verhalten sich ganz gleich in der Wirkung, man
:t daher dasselbe Stück an mehr als einer Stelle in der
netischen Reihe, worüber Seebeck eine eigene Tabelle
etheilt hat. Das früher von ihm gefundene Resultat, dafs
an Kohle reicheren Sorten dem Wismuth, die an Kohle
ern Sorten dem Antimon näher stehn, hat sich durch spä-
Versuche nicht vollkommen bestätigt. Zwischen Nickel
Platin No. 1 finden ihren Platz verschiedene Meteoreisen,
he Seebeck untersucht hat, zwischen Zinn und Platin
2. stand das gediegene Eisen von Grofskamsdorf, zwi-
n Platin und Palladium das gediegene Eisen von Newjer-
endlich zwischen Stahl und Arsenik das Aachner gedie-
Eisen, das Meteoreisen aus dem Mailändischen und das
egene Eisen der Grafschaft Sayn-Altenkirchen. Der Nickel-
lt scheint also dem Meteoreisen seine so nahe Stelle am
muthende zu verschaffen.

Alles gediegene Kupfer nimmt mit dem künstlich erzeug-
Cämentkupfer (No. 3. der Tafel I.) gleiche Stelle ein.
ecк wirft dabei die Frage auf, ob nicht dieses ganz glei-
Verhalten alles gediegenen Kupfers auf einen gleichen Ur-
ng auf nassem Wege hinweise, womit auch das häufige
kommen des Eisenoxyds mit dem gediegenen Kupfer wohl
einstimme. Durch Schmelzen im Thontiegel ohne Zusatz
las Cämentkupfer mit dem Kupfer No. 2. zusammen. In

der Erregung des Magnetismus zeigten die dehnbaren und streckbaren Metalle, namentlich Gold No. 1., Silber, Kupfer No. 2., Zinn, Blei und Zink, ein gleiches Verhalten, sie mochten im Zustande, wie sie vom Gusse kamen, oder nachdem sie durch Hämmern und Walzen zu einem dichtern Gefüge gebracht waren, mit einander oder mit andern Metallen zur Kette verbunden werden; ihre Stelle, wie sie oben angegeben worden ist, blieb unverändert. Anders verhielten sich diejenigen Metalle, welche durch verschiedene Arten der Abkühlung, durch langsame oder plötzliche Erstarrung, in entgegengesetzte Zustände von Sprödigkeit und Dehnbarkeit versetzt wurden. Stahl, welcher glühend in kaltem Wasser abgekühlt wurde, nahm jedesmal eine höhere Stelle (zwischen Platin No. 3. und Kupfer No. 2.) in der magnetischen Reihe ein, als der langsam an der Luft abgekühlte. Weiches graues Roheisen, auf dieselbe Weise behandelt, zeigte ein gleiches Verhalten, langsam abgekühlt, stand es zwischen Messing No. 1. und Eisen, schnell abgekühlt zwischen Platin No. 1. und Gold No. 1. Eine Legirung von 78 Theilen Kupfer, 22 Theilen Zinn, welche an der Luft langsam abgekühlt spröde ist und durch plötzliche Abkühlung im Wasser unter dem Hammer streckbarer wird, nimmt im erstern Falle eine höhere Stelle zwischen Zinn und Platin No. 3., nach der jähen Abkühlung eine tiefere Stelle zwischen Kupfer No. 2. und Gold No. 2. ein. Alle diese Körper konnten durch dasselbe Verfahren wiederholt wechselsweise höher oder niedriger gestellt werden. Die Metalle nahmen also sämmtlich eine höhere Stelle an, wenn sie hart und spröde, eine tiefere, wenn sie weich und streckbar waren.

Auch viele Erze unterwarf SEEBECK einer Untersuchung. Den Bleiglanz fand er, wie auch CUMMING, noch über dem Wismuth stehn, Schwefelkies, mit und ohne Schwefelkupfer, hat seine Stelle am negativen Ende, das magnetische Schwefeleisen am positiven Ende. Zwischen Wismuth und Nickel liegen zusammengedrängt (gerade so wie in der galvanischen Spannungsreihe am negativen Ende zusammengedrängt zwischen Graphit und Platin), Schwefelkies, Arsenikkies, Speiskobalt, Wismuthtellur, retractorisches Eisenerz; zwischen Nickel und Platin No. 1., Kupferkies, Kupfernickel, Eisenglanz; zwischen

eisen und Antimon Magnetkies und unter Antimon Ku-
glanzerz und bunt Kupfererz.

Keine thermomagnetische Erscheinungen wurden erhalten
Silberglanz (weichem und sprödem), Rothgültigerz, Zinn-
, gelber und brauner Blende, Wismuthglanz, Nadelerz,
chgelb, Schwefelmolybdän, Blutstein, Chromeisen, Fahl-
Graugültigerz, Weifsgültigerz, Titaneisen, Hornsilber, Horn-
und mit allen erdigen, salzartigen und brennbaren, nicht
llischen Mineralien. Diese letztere Reihe von Versuchen
f indefs einer Revision, da wir nach einer vollgültigen
ogie annehmen können, dafs alle Mineralien, welche im
ingsvermögen für Elektricität den Metallen sehr nahe stehn,
n mehrere von den angeführten Erzen gehören, auch
omagnetische Thätigkeit äufsern müssen, und die negati-
Resultate, welche Seebeck erhielt, können daher ihren
d nur in der Methode haben, nach welcher derselbe seine
iche anstellte, indem er sich nie des Multiplicators be-
e, durch welchen auch hier, wie wir weiter unten sehn
en, die Wirkung verstärkt werden kann.

Berzelius theilt[1] aus einer schriftlichen Mittheilung See-
:'s Versuche mit, welche dieser über das Verhalten der
igkeiten in der thermomagnetischen Reihe angestellt hat,
irch er gefunden haben soll, dafs Salpetersäure, Salzsäure
Schwefelsäure in ihrem concentrirten Zustande ihren Platz
dem östlichsten Metalle, dem Wismuth, und die concen-
a fixen alkalischen Laugen an dem entgegengesetzten Ende
dem Antimon und Tellur einnehmen. Werden aber die
n mit viel Wasser verdünnt, so verändern sie ihren
und rücken dem westlichen Ende näher, welches aber
len kaustischen Alkalien nicht der Fall ist, deren Laugen
ifalls verdünnt ihren Platz nicht verändern; kaustischer
oniak hat seinen Platz mitten in der Reihe, Wasser ver-
sich gegen Alkalien wie eine Säure, gegen Säuren wie
lkali und nimmt gleichfalls seinen Platz mitten in der
ein. Demnach würde die thermoelektrische Reihe von
negativen oder östlichen Ende ausgehend mit den con-
irten Säuren beginnen, hierauf Wismuth, und die ihm

[1] Vierter Jahresbericht. S. 20.

näher gelegenen, mehr östlichen Metalle folgen, in der Mi
das Wasser (und caustisches Ammoniak) sich befinden, an
die mehr westlichen Metalle folgen, die Reihe bis zum An-
mon und Tellur fortschreiten und mit den kaustischen in
Alkalien in concentrirter, so wie in verdünnter Auflösun
schliefsen. Der Vollständigkeit wegen und mit Rücksicht a
die Autorität, unter welcher diese Notiz erschienen ist, dar
sie nicht übergangen werden. Es scheint aber hierbei e
Mifsverständnifs zum Grunde zu liegen. Indem nämlich Ber
zelius hinzufügt: auch v. Yelin hat ähnliche Versuche üb
das thermoelektrische Verhalten der Flüssigkeiten angest
deren Resultate fast mit denen des Dr. Seebeck übereinsti
men, so konnte Berzelius keine andern Versuche im A
haben, als die bekannten [1], worin das Verhalten eines und d
selben Metalls gegen verschiedene Flüssigkeiten, wenn e
res in zwei mit einander durch einen Zwischenleiter, nam
lich durch einen Multiplicator verbundenen Streifen in d
Flüssigkeiten eingetaucht wird, beschrieben ist, mit An
weisungen des dadurch erzeugten elektrischen Stromes und
dadurch bewirkten östlichen oder westlichen Abweichung d
Magnetnadel, wobei sich zwischen den Säuren (mit Ausna
me der Salpetersäure) und den Alkalien ganz der Gegens
zeigte, dafs beide eine entgegengesetzte Ablenkung an d
Metallen hervorbringen, die also gleichsam in der Mitte zw
schen ihnen liegen. Diese Versuche und ohne Zweifel
ganz ähnlichen von Seebeck, gehören aber nicht in die K
tegorie derjenigen, von denen bisher die Rede gewesen
und die hier erregten elektrischen Ströme sind keine the
elektrische, welchen Namen nur diejenigen verdienen, w
durch eine Temperaturdifferenz an zwei Stellen eines Bo
hervorgebracht werden, wovon aber in jenen Versuchen
nicht die Rede ist, sie sind hydroelektrische und hängen
dem verschiedenen elektromotorischen Verhalten des zuers
zuletzt in die Flüssigkeit eingetauchten Metallstreifens
die Flüssigkeit selbst ab. Schon der Umstand, dafs diese
me den Leitungswiderstand einer bedeutenden Strecke von
sigkeit überwinden, weiset ihnen eine ganz andere Stelle
den thermoelektrischen Strömen an, die von einer ein

1 G. LXXIII. 365.

ıbination ausgehend, schon durch die Dunstschicht einer sigkeit isolirt werden.

)rei- und mehrgliedrige thermoelektrische Ketten; Anwendung des Multiplicators zur Maſsbestimmung thermoelektrischer Ströme.

Sind drei Metalle mit einander zur Kette verbunden und einer der Berührungspuncte künstlich erwärmt, so versich alles ebenso, als wenn die beiden Metalle sich mit beiden andern Endpuncten unmittelbar berührten und der rschied in der Stärke der Wirkung hängt dann nur ab dem etwa gröſseren Leitungswiderstande, den die gröſsere ehnung der Kette und das Eingehn eines weniger gut lein Metalls in die Kette mit sich bringt. Dieser allgemeine g ist nur begreiflich durch ein für die thermoelektrische nungsreihe ganz gleiches Gesetz, wie für die galvanische nungsreihe, daſs nämlich die Summe der thermoelektrii Spannungen (oder durch die Wärme erregter elektrorischer Kräfte) der in der Reihe ihren wechselseitigen noelektrischen Verhältnissen gemäſs geordneten Metalle gleich ist der Spannung der Endglieder der Reihe, was owohl für die ganze Reihe als für jedes einzelne belie- Stück der Reihe gilt, ein Gesetz, dessen Gültigkeit weinten als Resultat genauer Versuche sich ergeben wird. eziehung auf den erwärmten Berührungspunct verhalten dann die Metalle in ihren relativ kalten Berührungsen, wie wenn das erwärmte Ende des einen Metalls ohne henkunft des andern sich mit dem andern Ende jenes ls in Berührung befände. Es sind nämlich für den oben ebenen Fall der Erwärmung einer Berührungsstelle drei möglich. Entweder steht das dritte vermittelnde Metall r thermomagnetischen Spannungsreihe, wie die Zeichnung Fig. 52. ɔt, zwischen den beiden andern Metallen, wo K Kupfer, ıtimon und B Wismuth bedeutet, C aber die erwärmte ist, oder das vermittelnde Metall steht oberhalb der bei- Metalle, nach dem Wismuthende hin, wenn a die erte Stelle ist, oder endlich das vermittelnde Metall steht halb der beiden Metalle, deren Berührungsstelle erwärmt

wird, nach dem Antimonende hin, wenn b die erwärmte Stelle ist. In dem ersten Falle addiren sich die thermomagnetischen Strömungen von K und B, und A und K, und die Summe dieser in gleicher Richtung befindlichen Spannungen ist, dem oben aufgestellten Gesetze der Reihe gemäfs, gleich derjenigen, welche die beiden Endglieder in ihrer unmittelbaren Berührung an der kalten Stelle in derselben Richtung erregt haben würden; im zweiten Falle wirken die Spannungen von A und B, und K und B in entgegengesetzter Richtung, und ihre Differenz hat ebendiesem Gesetze gemäfs eine Spannung zur Folge, welche gleich derjenigen von A und K ist und in gleicher Richtung geht, endlich im dritten Falle wirken die einander entgegengesetzten Spannungen von B und A, und A und K gleichfalls mit einer Differenz, welche gleich ist der Spannung von B und K und dieselbe Richtung hat oder denselben Effect hat, wie wenn sich B und K an der kalten Stelle unmittelbar berührt hätten. Ganz dieselben Sätze lassen sich aufstellen, wenn zwei Berührungsstellen erwärmt worden wären, denn in diesem Falle kann die dritte nicht kalte Berührungsstelle als das Aequivalent der erwärmten betrachtet werden, und die Summen und Differenzen an den beiden erwärmten Berührungsstellen gelten dann auf die gleiche Art, nur im entgegengesetzten Sinne, und der Effect ist derselbe, wie wenn die beiden nicht unmittelbar in Berührung befindlichen Stellen sich unmittelbar berührten und diese Stelle allein erwärmt wäre. Befindet sich also die Magnetnadel innerhalb des Metallbogens und ist b nach Norden und c nach Süden gerichtet, so weicht dieselbe nach Westen ab, wie c erwärmt wird, dagegen nach Osten, wie a erwärmt wird, und nach Westen, wie b erwärmt wird. Wird c abgekühlt oder, was gleichbedeutend ist, werden a und b erwärmt, so weicht im Gegentheil die Magnetnadel nach Osten ab. Wird a abgekühlt, so weicht die Magnetnadel gleichfalls nach Osten ab; wird endlich b abgekühlt, so weicht die Magnetnadel nach Westen ab. Werden in der dreigliedrigen Kette ABK die beiden Berührungspuncte a und b gleichzeitig erwärmt, so soll nach Seebeck[1] die Polarisation, sofern sie durch die Abweichung der Magnetnadel gemessen wird, stärker seyn, als wenn blofs einer von ihnen erwärmt wird,

1 Poggendorff Ann. VI. 137.

ıe nothwendige Folge sey der vergröſserten Temperaturdif-
'enz zwischen a und den Puncten c und b. Wenn hier
: bloſse Gröſse der Temperaturdifferenz die Ursache der ther-
›elektrischen Thätigkeit wäre, so würde dieser Unterschied
:ht begreiflich seyn, da die Differenz der Gröſse nach ganz
ich ist, ob sie das Resultat der Summe zweier gleich gro-
r negativen Gröſsen (der niedrigern Temperatur) oder zweier
rselben gleicher positiven Gröſsen (der höheren Temperatu-
ı) in Beziehung auf eine und dieselbe Gröſse ist. Der
und muſs also anderswo gesucht werden, und liegt wohl
der gröſseren Schnelligkeit, mit der die Wärme von hoher
annung sich von den Puncten a und b nach dem Puncte c,
von einem einzelnen erwärmten Puncte nach den beiden
lten Berührungsstellen fortpflanzt.

Sind mehr als drei Glieder zur Kette verbunden (wovon
loch der Fall auszunehmen ist, daſs sich Paare von Glie-
rn wiederholen, welcher nicht mehr zur Kategorie der ein-
hen Kettenwirkung, sondern zu derjenigen der Säulen-Wir-
ng gehört, wovon in einem besondern Abschnitte die Rede
yn soll), und wird nur der eine Berührungspunct erwärmt,
ist die Wirkung abermals dieselbe, wie wenn sie sich an
n beiden andern Enden unmittelbar berührt hätten, indem
rmöge des thermoelektrischen Spannungsgesetzes die Summe
r Spannungen der zwischenliegenden Metalle, sofern sie
mlich in derselben Ordnung auf einander folgen, wie die-
ige, in welcher sie sich in der thermoelektrischen Reihe
lnen, oder die Differenz aller dieser Spannungen, wenn
n dieser Ordnung abgewichen ist, immer gleich ist der
annung der beiden Metalle an ihrer kalten Berührungsstelle,
nn ihr anderer Berührungspunct erwärmt wird und die Aus-
nung der Kette kann in diesem Falle nur die Intensität der
irkung, aber nicht ihre Art abändern. Werden mehrere
llen in einer solchen vier- und mehrgliedrigen Kette er-
rmt, so sind die Wirkungen gleich den Summen oder Dif-
enzen der Wirkungen, die von den erwärmten Stellen ab-
ngen, je nachdem die thermomagnetischen Richtungen von
sen Stellen aus in gleicher oder entgegengesetzter Richtung
ın.

Auf diese Weise erhält man ein leichtes und bequemes
ttel, auch sehr schwache thermoelektrische Ströme und auch

mit Metallen, Erzen u. s. w., die nur in einzelnen Körnern zu Gebote stehn, mit denen man keinen eigentlichen Bogen zu Stande bringen und auf die Magnetnadel innerhalb des oberhalb oder unter demselben wirken lassen kann, sichtbar zu machen, indem auch hier durch den Durchgang des thermoelektrischen Stromes durch die Windungen eines Multiplicators die Wirkung auf die einfache oder Doppelnadel verstärkt wird. Inzwischen ist nicht jeder Multiplicator gleich brauchbar zu diesem Zwecke, und Multiplicatoren, welche die Wirkung hydroelektrischer Ströme noch sehr verstärkt darstellen, können vielmehr die des thermoelektrischen Stromes schwächen. Es kommt nämlich der groſse Leitungswiderstand hierbei in Betracht, welcher mit der Zahl der Windungen und der Feinheit der Drähte des Multiplicators zunimmt. In Beziehung auf den Leitungswiderstand, der durch den feuchten Leiter in der hydroelektrischen Kette bereits statt findet, ist dieser Zuwachs von Leitungswiderstand auch bei einer groſsen Anzahl von Windungen unbedeutend, gegen den ursprünglichen Leitungswiderstand in der thermoelektrischen Kette, die aus den besten Leitern zusammengesetzt ist, hat aber dieser neu hinzugekommene Leitungswiderstand ein sehr groſses Verhältniſs und schwächt demnach die Intensität des thermoelektrischen Stromes in einem viel höheren Grade, als die der hydroelektrischen. Indeſs sind die Aussagen der Physiker in dieser Hinsicht nicht ganz mit einander übereinstimmend. Die meisten empfehlen, um diesen Leitungswiderstand zu vermindern, Kupferdraht von gröſserer Dicke, und von einer nur geringen Anzahl von Windungen, die parallel neben einander über passende isolirende Stützen geschlungen sind. Daſs Fourier und Oersted in ihren Versuchen nicht nur keine verstärkte, sondern überall keine Wirkung thermoelektrischer Ketten vermittelst des Multiplicators beobachten konnten, kann seinen Grund nur darin gehabt haben, daſs sie einen Multiplicator von zu vielen Windungen und von zu feinem Drahte angewandt haben. Nobili[1] bemerkt ausdrücklich durch Erfahrung gefunden zu haben, daſs die Galvanometer, welche für die hydroelektrischen Ströme die empfindlichsten sind, die

1 Ann. de Chimie. T. XXXVIII. p. 229. Schweigger's Journ. N. R. T. XV.

Nutzen nicht für thermoelektrische Ströme leisten, welche
mehr einen Galvanometer von dickem Drahte und weni-
Windungen erfordern. COLLADON[1] erhielt von einem
zigen thermoelektrischen Elemente bei Anwendung eines
ltiplicators von 100 Windungen eine starke Ablenkung der
gnetnadel, während ein Multiplicator von 500 Windungen
h bei der stärksten Temperaturdifferenz ihm keine Spur
Wirkung zeigte. BECQUEREL bediente sich bei seinen
suchen eines Multiplicators von drei oder mehreren parallel
en einander aufgewundenen Drähten. OHM[2] erhielt mit
r Nobili'schen Doppelnadel mit Zuziehung eines aus einer
ie dicken Kupferdrahte verfertigten Multiplicators von 60
indungen, die 2,5 Zoll im Durchmesser hatten, durch Be-
rung einer Wismuthkupferkette mit der warmen Hand Ab-
chungen, die nie über 20° gingen, während dieselbe Kette,
n sie als eine Windung von gleicher Gröfse mit denen
Multiplicators, für sich allein angewandt wurde, gleich-
s nur bei Berührung mit der warmen Hand, jene Nadel unter
em Winkel einspielen machte, der 70° stets übertraf. OHM[3]
st überhaupt durch die Theorie des Multiplicators den Grund
h, warum der Multiplicator in den meisten Fällen die Wir-
g der thermoelektrischen Kette, statt zu verstärken viel-
hr schwäche, weil nämlich nicht leicht der Fall eintreten
de, wo eine Windung des Multiplicators dem elektrischen
me weniger Widerstand darbieten werde, als die Kette
st, welches doch die unerläfsliche Bedingung für diese
der Verstärkung sey. In einem scheinbar sehr auffallen-
Widerspruche damit stehn die Versuche von NÖRREN-
G[4]. Sein Multiplicator enthielt 180 Windungen aus ver-
ertem Kupferdrahte Nr. 12 von nur 0,1 Linie Dicke, die
gnetnadel 2″ 9‴ lang, bestanden aus Stücken einer gerade
ogenen 1½ Lin. breiten Uhrfeder, welche an einem 1 Z.
in. langen 0,5 Lin. dicken Strohhalm steckten, der selbst
einem 11 Z. langen Coconfaden hing. Dieses Galvanometer
trotz der grofsen Länge von mehr als 240 Fufs des Drahtes

1 Schweigger's Journ. N. R. Th. XVIII. S. 287.
2 Schweigger's Journ. Th. XVI. S. 166.
3 A. a. O. S. 162 fg.
4 Zeitschrift von Baumgartner und von Ettingshausen. Th. III. S.
., vergl. Schweigger's Journ. N. R. Th. XXII. S. 286.

und der grofsen Feinheit desselben so empfindlich für thermo-
elektrische Ströme, dafs Nörrenberg, als er zwischen die
Enden des Multiplicators ein Kettchen hing, dessen zwei Z.
lange, blofs in einander gehängte Glieder abwechselnd a.
gleich dicken Platin- und Eisendrähten (Claviersaiten Nr. 4
bestanden, wenn die Temperatur der Luft 18° und die der
Fingerspitzen 28° betrug, eine constante Ablenkung von 7°,5
erhielt, und wenn er ein zweites gleichliegendes Glied an-
fafste, die Ablenkung verdoppelt wurde. Selbst wenn er
statt des Kettchens nur einen zwei Zoll langen Platindraht
einhing, und eine der Verbindungsstellen zwischen die Fin-
ger nahm, wurde bei dieser geringen Temperaturdifferenz doch
noch eine Ablenkung von 3°,5 erhalten. Eine höchst schwa-
che hydroelektrische Kette aus eben jenen Drähten von Pla-
und Claviersaite Nr. 4., die 2 Z. in blofses destillirtes Wasser
tauchten, brachte durch Hülfe dieses Multiplicators doch schon
eine Ablenkung von 12° hervor.

Becquerel hat den Multiplicator auf eine sehr sinnreiche
Art angewandt, um die verschiedene Stärke des thermoelek-
trischen Stroms durch verschiedene Metallcombinationen bei
gleicher Temperaturdifferenz auf genaue Zahlenwerthe zurück-
zuführen, und überhaupt in diese Untersuchung Mafsbestim-
mungen einzuführen. Zuvörderst richtete er sich einen Mul-
tiplicator zu, bei welchem die Abweichungen der Magnet-
del mit der gröfsten Genauigkeit in Zahlenwerthen die Inten-
sitäten der elektrischen Ströme angaben. Er nahm Kupfer-
drähte von ganz gleicher Länge und Dicke, die um die Ma-
gnetnadel parallel neben einander geschlungen wurden. In-
dem er dann nach der Reihe ganz gleiche elektrische Ströme
erst durch einen, dann durch zwei, drei, vier u. s. w. dieser
Drähte strömen liefs, welche in dieser Folgenreihe gemein-
schaftlich wirkend eine stärkere und stärkere Wirkung auf die
Magnetnadel ausübten, so waren die Ablenkungen der Magnet-
nadel jedesmal streng den Mengen der durchströmenden Elek-
tricität proportional und also auch den Intensitäten der elek-
trischen Ströme, welche durch den gleichen, um diese Ma-
gnetnadel geschlungenen Multiplicator strömen, da diese In-
tensitäten den Mengen, welche in gleicher Zeit durchströmen,
proportional sind. Ganz gleiche elektrische Ströme verschaffte
er sich dadurch, dafs er an die beiden Enden jedes Kupfer-

ahtes einen ganz gleich beschaffenen und ganz gleich langen
atindraht löthete, und die eine Löthstelle in schmelzendes
is tauchte, um sie auf die constante Temperatur von 0° zu
ingen, die andere Löthstelle dagegen in einer unten zuge-
hmolzenen Glasröhre in einem Quecksilberbade auf einer con-
inten höheren Temperatur erhielt, die durch ein Thermome-
r ausgemittelt wurde, welches mit jener Glasröhre in Gröfse
id Gestalt möglichst übereinkam. Becquerel theilt die auf
lche Weise gefundene Tabelle der Ablenkungen und der
nen entsprechenden Intensitäten des Stromes für eine Reihe
in Temperaturdifferenzen mit. Die Art der Bestimmung der
tensitäten in vergleichbaren Zahlenwerthen wird aus folgen-
im Beispiele erhellen. Fand er z. B. bei einer Temperatur-
fferenz der beiden Löthstellen von nur 5° C., wenn nur in
ner Drahtumschlingung der elektrische Strom erregt wurde,
ne Ablenkung der Nadel = 0°,65, und bezeichnet man die
itsprechende Intensität mit 1, so zeigt die Ablenkung von
',3, wenn zwei Drahtwindungen durchströmt werden, eine
itensität = 2, die Ablenkung von 1°,93, wenn drei Draht-
indungen zur Wirkung gezogen werden, eine Intensität = 3
idlich eine Ablenkung von 2°,6 bei gleichzeitiger Anwen-
ung von 4 Drahtwindungen eine Intensität = 4. Wurde dann
B. die Temperaturdifferenz auf 10° C. erhöht und bei An-
endung einer Drahtwindung eine Ablenkung von 1°,3 er-
ilten, so war daraus sogleich abzunehmen, dafs durch die
höhung der Temperatur um das Doppelte auch die Intensi-
t des Stromes um das Doppelte gestiegen war, da nach der
sten Reihe von Versuchen gerade diese Ablenkung durch
in doppelten Strom, nämlich bei der Anwendung zweier
rahtwindungen, durch deren jede der gleiche Strom durch-
gangen war, erhalten wurde, und man übersieht hiernach
icht, dafs auf diese Weise das Gesetz für das Verhältnifs
ir Zunahme der Intensität zur Zunahme der Temperatur be-
immt werden konnte.

Um die thermoelektrische Kraft der verschiedenen Me-
llcombinationen ihrer Stärke nach mit einander vergleichen
i können, war es nicht hinreichend, die verschiedenen Me-
lle von gleicher Länge und sonstigen gleichen Dimensionen
Form von Streifen oder Drähten zu nehmen und die Loth-
ellen auf eine gleiche Temperaturdifferenz zu bringen, indem

man z. B. die zwei Löthstellen mit den Enden des Multipli-
cators auf der gleichen Temperatur von 0° C. erhielt und die
dritte Löthstelle zwischen den zunächst zu untersuchenden Me-
tallen auf die oben angegebene Weise auf die gleiche Tem-
peratur erhöhte, denn in diesem Falle wurde die thermoelek-
trische Wirkung durch das verschiedene Leitungsvermögen
mit afficirt, indem der Strom in allen Fällen ein Product aus
dem Leitungsvermögen in die thermoelektrische Kraft ist oder
durch einen Quotienten dargestellt wird, dessen Nenner der
Leitungswiderstand, der Zähler die thermoelektrische Kraft
ist, sondern es mufsten die Umstände so eingerichtet werden,
dafs in allen Fällen die gleiche Leitung oder der gleiche
Leitungswiderstand gegeben war. Zu diesem Behuf stellte
BECQUEREL seine Versuche mit einer Kettenverbindung von
Drähten von allen Metallen, welche in diese Form gebracht
werden konnten, von gleicher Länge und Dicke an, wie sie
Fig. 53. durch die Zeichnung versinnlicht wird. Indem der thermo-
elektrische Strom in allen Fällen genöthigt ist, durch densel-
ben Umkreis zu circuliren, so findet für jede Combination
stets der gleiche Leitungswiderstand statt und die Intensität
des Stromes ist dann blofs eine Function der verschiedenen
thermoelektrischen Thätigkeit jeder einzelnen Combination.
Die Löthstelle, welche in Rücksicht auf diese letztere unter-
sucht werden sollte, wurde in allen Fällen auf die gleiche
höhere Temperatur gebracht, während alle übrige Löthstellen
im schmelzenden Eise auf 0° erhalten wurden. Nachfolgende
Tafel giebt die Uebersicht der Resultate, welche mit einer
Kettenverbindung von Drähten von acht verschiedenen Me-
tallen von einer Länge von 2 Decimetern und einer Dicke von
einem halben Millimeter, die mit ihren Enden sorgfältig an
einander gelöthet waren, durch Hülfe eines auf die oben an-
gegebene Weise regulirten Multiplicators von kurzer Draht-
länge erhalten wurden.

Metalle.	Temperatur d. Löthstelle, welche d. Versuchen unterworfen wurde.	Abweichung der Magnetnadel.	Entsprechende Intensität des elektrischen Stromes.
sen und Zinn	+ 20	36°,50	31°,24
ıpfer und Blei	dito	16,00	8,55
sen und Kupfer	dito	34,52	27,96
lber und Kupfer	dito	4,0	2,00
sen und Silber	dito	39,00	26,20
sen und Platin	dito	7,00	36,07
upfer und Zinn	dito	2,00	3,50
nk und Kupfer	dito	1,00	1,00
lber und Gold.	dito	0,50	0,50

ergleicht man diese verschiedenen Intensitäten, so findet man, ſs mit Rücksicht auf die Ordnung, in welcher die Metalle der thermomagnetischen Reihe auf einander folgen, jedes etall ein solches thermoelektrisches Vermögen erlangt, daſs e Intensität des an der Löthstelle zweier Metalle erzeugten ıermoelektrischen Stromes gleich ist dem Unterschiede der uantitäten, welche jede dieser Actionen in jedem Metalle rstellt. Bezeichnet man dieses thermoelektrische Vermögen ırch p, so findet man für die Wirkung der Löthstelle Eisen ıd Kupfer: p Eisen — p Kupfer = 27,96, für Eisen und atin: p Eisen — p Platin = 36,07. Zieht man den ersten ısdruck von dem zweiten ab, so hat man p Kupfer — p atin = 8,11 statt 8,55, welches der wirkliche Versuch giebt, e Löthstelle Eisen und Zinn gab 31,24, die von Kupfer und nn 3,50. Der Unterschied Eisen und Kupfer ist demnach ',74, welches von dem durch den Versuch erhaltenen 27,96 eichfalls nur wenig abweicht. Ebenso giebt die Löthstelle Eisen ıd Silber 26,20; Eisen und Kupfer 27,96. Der Unterschied ıider giebt für die Löthstelle Silber und Kupfer 1,76, welıes der durch den Versuch gefundenen Gröſse sehr nahe ommt. Ordnet man die Metalle so, wie sie in der thermoagnetischen Reihe auf einander folgen, indem man von den n meisten positiven Metallen ausgeht, und stellt man den Zahndraht für die Intensität des Stromes, den je zwei auf ein-

ander in der Reihe folgende Metalle mit einander geben, hier so erhält man nachfolgende Reihenfolge; Eisen — Silber 26,2; Gold 0,5; Zink 0,26; Kupfer 1,0; Zinn 4,28; Platin 4,76.

Hieraus ergiebt sich eine merkwürdige Uebereinstimmung des Spannungsgesetzes der thermoelektrischen Reihe mit der gewöhnlichen Galvanischen, indem auch in jener wie in dieser, die thermoelektrische Spannung, welche je zwei Glieder der Reihe mit einander geben, gleich ist der Summe der thermoelektrischen Spannungen oder Thätigkeiten der zwischenliegenden Glieder, und ebenso die thermoelektrische Spannung oder Thätigkeit der Endglieder gleich ist der Summe der Spannungen aller zwischen befindlichen Glieder. So ist also die thermoelektrische Spannung von Eisen und Platin = 36, welches gleich ist der Summe der Spannungen von Eisen und Silber, Silber und Gold, Gold und Zink, Zink und Kupfer, Kupfer und Zinn, Zinn und Platin, die thermoelektrische Spannung von Silber und Zinn gleich der Summe der Spannungen von Silber und Gold, Gold und Zink, Zink und Kupfer, Kupfer und Zinn u. s. w. Daſs die Reihe sogleich mit dem groſsen Werthe von 26,20 beginnt, beweiset, daſs zwischen Eisen und Silber noch viele andere Metalle in der Mitte liegen, wie denn auch Stahl, Graphit, Kohle, Cadmium und Wolfram dazwischen fallen. Uebrigens weicht diese von Becquerel aufgestellte Reihe von derjenigen Seebeck's und Cumming's ab, indem Silber und Gold nach diesen Letzteren unter dem Zinn stehn. Eine andere Legirung kann dem Golde diese höhere Stellung verschafft haben, indem auch Seebeck einen sehr groſsen Unterschied zwischen den verschiedenen Sorten Gold gefunden hat.

4) Thermoelektrische Kreise aus einem einzigen Metalle.

Auch Kreise aus einem einzigen Metalle, wenn verschiedene Stellen desselben auf eine ungleiche Temperatur gebracht werden, zeigen ganz analoge magnetische Erscheinungen, wie die zwei- und mehrgliedrigen Ketten. Auch hierüber hat Seebeck die ersten Versuche angestellt. Er fand nämlich, daſs die in der obigen Tabelle angeführten Platin-, Gold- und Kupfersorten magnetisch polarisirt wurden, wenn

er zwei von gleichnamiger Art in Form von Stangen oder
chstreifen mit einander verbunden wurden, wo dann schon
e mäßsige Erwärmung einer der Berührungsstellen eine nicht
bedeutende Polarität erregte, sondern die meisten dieser
talle wurden auch dann noch magnetisch polar, als sie ein-
ne und durchaus gleichartige Kreise bildeten, wenn ein
eil derselben in der Temperatur erhöht oder erniedrigt
rde. Auch andere von den in der obigen ersten Tabelle
eführten Metallen, die zu den homogensten gerechnet wer-
konnten, zeigten ein gleiches Verhalten; doch war, um
gleich intensive Polarisation, wie in Ketten aus zwei
dern hervorzurufen, stets eine viel stärkere Erhitzung ei-
der Stellen des Kreises erforderlich. Am stärksten wurde
Ablenkung der Magnetnadel, wenn das eine Ende des sie
chliefsenden Bogens in das theilweise zum Schmelzen ge-
hte Metall getaucht oder mit dem glühend gemachten Ende
Berührung gebracht wurde. Brachte er zuerst das untere
le des aus durch Cupellation gereinigten Silbers bestehen-
, die Magnetnadel umschliefsenden Bogens in das im Sü-
stehende ganz gleichartige geschmolzene Metall, und nach-
das obere, so erfolgte eine östliche Ablenkung der Ma-
tnadel. Wurde dagegen das obere Ende zuerst und das
ere zuletzt hineingebracht, so erfolgte eine westliche Ab-
tung. Vollkommen in Ruhe blieb aber die Nadel, wenn
beiden kalten Enden des Bogens zugleich in das fliefsende
all gebracht wurden. Eine ganz ähnliche, nur schwächere,
rkung fand statt, wenn das Metall schon im Tiegel er-
rt war und aufgehört hatte zu glühn, wenn nur das eine
le des Bogens mit dem heifsen Metall längere Zeit in Be-
rung blieb als das andere. Legt man hierbei die Theorie
trischer Ströme zum Grunde, so deutete die Art der Ab-
ung der Magnetnadel an, dafs jedesmal der elektrische
m aus dem heifseren in das relativ kältere Ende überging
r das fliefsende Metall sich als negativ elektrisch verhielt.
gleichem Uebergange der Wärme in die beiden gleich kal-
Enden mufsten sich die entstandenen thermoelektrischen
me im Gleichgewichte halten, oder es kam zu keinem
lichen Kreislaufe der Elektricität. Ein ganz gleiches
halten zeigte unter gleichen Umständen Zink und Cad-
m. Entgegengesetzte Ablenkungen der Magnetnadel unter

gleichen Umständen gaben aber Platin Nr. 1., Kupfer Nr. 1 und Messing Nr. 2.

Folgende Tafel 1 giebt eine Uebersicht des Verhaltens der Magnetnadel innerhalb solcher einfacher Bogen, wenn die Enden derselben im Süden lagen, und das obere Ende das heifsere war, der Versuch also wie der erste Versuch mit dem Silber angestellt wurde.

1) Wismuth	schwach, östlich.
2) Nickel	ziemlich lebhaft östlich.
3) Legirung aus Kupfer 2 Theilen, Nickel 1 Theil	sehr schwach östlich.
4) Palladium	stark östlich.
5) Platin Nr. 1.	stark östlich.
6) Kupfer Nr. 0.	ungleich sowohl östlich als westlich
11) Gold Nr. 1.	zuerst östlich, stärker erhitzt westlich.
12) Kupfer Nr. 1.	östlich.
13) Messing Nr. 2.	zuerst östlich, stärker erhitzt westlich.
16) Blei	Null.
17) Zinn	Null.
18) Platin Nr. 3.	sehr schwach östlich.
21) Kupfer Nr. 2.	stärker östlich.
24) Gold Nr. 2.	stark westlich.
25) Silber	— —
26) Zink	— —
29) Platin Nr. 4.	Null.
30) Cadmium	stark westlich.
31) Stahl	schwach westlich.
32) Stabeisen	schwach westlich.
34) Antimon	ungleich, in einigen Fällen westlich in andern östlich.

In Betreff des Antimons und Wismuths bemerkt Seebeck, dafs sie in Rücksicht auf ihre Sprödigkeit nicht wohl als einfache Bogen betrachtet werden können.

Wie schon in der geschichtlichen Einleitung bemerkt

1 Die Zahlen beziehn sich auf die Nummern der ersten thermomagnetischen Reihe.

rurde, hat von YELIN[1] ohne von SEEBECK's Versuchen der-
elben Art unterrichtet zu seyn, an einem einfachen Kupfer-
ogen (einem in Form eines Rechtecks gebogenen Kupfer-
reifen) diese Erscheinungen wahrgenommen und durch man-
gfaltige Abänderung der Versuche, indem das durch eine
Veingeistlampe erhitzte Eck des Rechtecks bald im Süden,
ld im Norden, bald oberhalb, bald unterhalb sich befand,
ch die Magnetnadel bald innerhalb des Bogens, bald über,
ld unter denselben gebracht wurde, durch die Art der Ab-
kung der Magnetnadel, sofern dieselbe als Wirkung eines
ktrischen Stromes betrachtet wird, das gleiche Resultat er-
lten, dafs der (positive) elektrische Strom von der erwärm-
n Stelle sich nach der kälteren bewegte. Am einfachsten
sen sich diese Versuche mit Hülfe des Multiplicators an-
llen, wie dieses namentlich von NOBILI geschehn ist[2]. Be-
nt man sich eines Multiplicators von Kupferdraht, und
cht das eine Ende desselben rothglühend und drückt das-
be genau auf das andere kalte Ende, so zeigt die Abwei-
ing der Magnetnadel sogleich die Entstehung eines elektri-
en Stromes an, welcher seine Richtung von dem heifsen
h dem kalten Ende nimmt. Ganz ebenso verhält sich ein
erdraht, aus welchem man den Multiplicator verfertigt hat.
nliche Versuche kann man auch mit andern Metallen an-
len, wenn man ganz gleich beschaffene Drähte derselben
den beiden Enden des Multiplicators verbindet, das eine
e über einer Weingeistlampe stark erhitzt und an das an-
kalte Ende andrückt. Nach dem oben Angeführten ver-
n sich die beiden kalten Enden, die mit den Drahtenden
Multiplicators von gleicher Temperatur verbunden sind,
wenn sie sich unmittelbar berührten, und man hat also
liesen Versuchen gleichsam einen Bogen nur von einem
lle.

Die Metalle zeigen sich auch bei dieser Art zu experi-
iren, verschieden sowohl in Hinsicht der Stärke als auch
Richtung des so erregten elektrischen Stromes, sofern die
nkung der Magnetnadel das Mafs dafür ist, mit Beziehung
lie erhitzte Stelle. In letzterer Hinsicht theilen sich die

G. LXXIII. 452.
Schweigger's Journ. Neue Reihe Th. XXIII. S. 266.

Metalle nach NOBILI's Versuchen in zwei Classen. [illegible] einen geht der (positive) elektrische Strom [illegible] nach der kalten Stelle, bei der andern Classe in [illegible] setzter Richtung von der kalten nach der [illegible] der ersten gehören namentlich Wismuth, Silber, [illegible] pfer, Messing, Gold, Zinn, Blei; zur [illegible] und Antimon. In dieser Hinsicht stimmen [illegible] nicht mit denen von SEEBECK überein, welcher [illegible] selbe Art der Ablenkung, wie für Gold [illegible] indefs kann diese Verschiedenheit des Erfolgs [illegible] schiedenheit der Temperatur abgehangen haben, [illegible] beide Physiker operirten, indem nach [illegible] Temperaturdifferenz dieselben Metalle entgegengesetzte [illegible] geben, wie auch SEEBECK ausdrücklich [illegible] beobachtet hat.

In Rücksicht auf die Stärke des Stroms, [illegible] talle bei gleicher Temperaturdifferenz geben, [illegible] nur Zinn und Blei, von welchen SEEBECK gar keine [illegible] kung erhielt, am schwächsten wirkend. Darf man [illegible] Versuche über den Thermomagnetismus der einzelnen [illegible] stangen, von denen bald die Rede seyn wird, auf das [illegible] ten der Metalle in geschlossenen Ketten anwenden, [illegible] ler Grund ist, da ja dieselbe Ursache in beiden Fällen [illegible] thätig beweiset, so ordnen sich die Metalle in Absicht [illegible] Intensität des in ihnen erzeugten elektrischen Stromes [illegible] gende Reihe:

Wismuth (das stärkste), Antimon, Zink, Silber, [illegible] Kupfer, Messing, Gold, Zinn, Blei.

Für die Wirkungsart der Wärme bei diesen [illegible] gen und für den Einflufs der Art der Fortpflanzung [illegible] sind einige hieher gehörige Versuche BECQUEREL's [illegible] Interesse. Wurde ein Platindraht mit seinen beiden [illegible] mit den Enden des Multiplicatordrahtes verbunden, und [illegible] selbe, sofern er nur als ein Continuum wirkte, an [illegible] nem Puncte durch die Flamme einer Weingeistlampe [illegible] so blieb die Nadel vollkommen in Ruhe. Rollt man [illegible] Platindraht an irgend einer Stelle zur Spirale auf, [illegible] Fig. 54. Zeichnung darstellt, und erhitzt man f, so [illegible] mit dem Platindrahte verbundenen Multiplicators [illegible] wie wenn ein (positiver) elektrischer Strom in der [illegible]

:h der Spirale und sofort nach a bewegt würde. Hakt man
ei Kupferdrähte zusammen, deren andere Enden mit den Fig.
den des Multiplicators zusammengelöthet sind, und erhitzt 55.
n z. B. links von der Stelle des Zusammenhakens in a, so
it der (positive) elektrische Strom nach der linken Seite
h b, umgekehrt verhält sich die Sache, wenn man rechts
b erwärmt; es überziehn sich hierbei die beiden Enden
Kupferdrahtes mit einer dünnen Schicht von Kupferoxyd,
lche der Fortpflanzung der Wärme nach der einen oder an-
n Seite Widerstand leisten sollen.

Noch verdienen die Versuche des Americaners Emmet
r eine Erwähnung, indem sie von den bisherigen darin ab-
chen, dafs er Scheiben von Metall und zwar heifse auf
e oder auch heifse auf heifse legte und durch Hülfe eines
ltiplicators, dessen Enden mit den Scheiben in Verbindung
iden, die Richtung und Stärke des dadurch erregten ther-
lektrischen Stromes durch die Abweichung der Magnetna-
bestimmte. Die gröfste Zahl seiner Versuche bezog sich
das Verhalten zweier heterogener Metallscheiben, die auf
e Weise mit einander combinirt wurden; zugleich stellte
iber auch Versuche über das Verhalten homogener Metall-
ten mit einander an. Auch er fand, wie Nobili, dafs
in Rücksicht auf ihr Verhalten die Metalle in 2 Gruppen
lten. Bei der einen bewegt sich der (positive) elektrische
m in einer Richtung mit der Wärme, beide Ströme sind
:hlaufend, d. h. der Strom geht von dem warmen nach
kalten Metalle. Diese Metalle nennt Emmet negative
alle, weil sie bei der Erwärmung ein Bestreben zeigen,
itive) Elektricität abzugeben; sie sind Platin, Gold, Sil-
Kupfer und Nickel, bei den andern gehn die beiden
me in entgegengesetzter Richtung, d. h. der (positive)
trische Strom geht vielmehr von dem kalten Metalle nach
heifsen; Emmet nennt sie positive Metalle, und es ge-
n dahin Zinn, Blei, Zink, Eisen, Messing, Arsenik, An-
n und Wismuth..

Diese Folgenreihe scheint auch diejenige der Stärke der
noelektrischen Action zu seyn, wobei das schwächste Me-
den Anfang macht. Dabei bemerkt Emmet noch, dafs
Metalle für alle Temperaturdifferenzen in ihrem Verhalten
h bleiben.

In den bisher mitgetheilten Versuchen über das thermo-
elektrische Verhalten von einerlei Metall waren die [illegible]
nicht als ein Continuum in Anordnung gebracht; es [illegible]
sich aber unter der angegebenen Bedingung der Tempera[illegible]
differenz, auch bei Kreisen, die ein wahres Continuum dar-
stellen, deren Metalle durch einen Gufs in diese Form ge-
bracht sind, thermomagnetische Strömungen, doch gilt [illegible]
vorzüglich nur für diejenigen Metalle, die durch ein kry-
stalinisches (blättriges) Gefüge sich auszeichnen, [illegible]
von Antimon und Wismuth. Auch hierüber hat [illegible]
ersten Versuche angestellt. Rahmen und Ringe von [illegible]
im Handel vorkommenden Antimon gaben, an einzelnen [illegible]
len erwärmt, sehr starke magnetische Polarisation, an [illegible]
Stellen eine schwache oder gar keine. So z. B. war die Po-
larität an einem 0,5 Z. dicken und 6 Z. im Durchmesser [illegible]
tenden Ringe von Antimon die Polarität am [illegible], [illegible]
a und b allein erwärmt wurden, dagegen fehlte jede [illegible]
derselben, wenn c oder d erwärmt wurden; bei Erwärmung
eines zwischen a und b liegenden Punctes war die Polarisa-
tion verhältnifsmäfsig um so stärker, je näher er a oder b, [illegible]
um so schwächer, je näher er c oder d lag. Bei gleichzei-
ger und gleich starker Erwärmung von a und b blieb die
Polarisation aus. Es ging hieraus hervor, dafs dieser [illegible]
bar homogene Ring aus zwei ungleichen, einander entge-
gesetzten Hälften bestand, die, wie auch weitere Ver[illegible]
bestätigten, sich als heterogene Metalle gegen einander ver-
hielten, nämlich a c b als ein westliches (positives) und [illegible]
als ein östliches (negatives) Metall der thermomagnetischen
Reihe. In einem andern Ringe hatten die vier Haupt[illegible]
eine andere Lage gegen einander und gegen den Eingufs[illegible]
der im vorigen Falle sich in a befand. Auch in [illegible]
ren Rahmen war die Lage dieser Puncte der [illegible]
völlig gleich, doch bestanden alle diese Körper aus [illegible]
ander entgegengesetzten, meistens aber ungleichen [illegible]
Ganz ebenso verhielten sich Ringe und Rahmen aus [illegible]
chem Wismuth. In einem solchen Ringe lagen die [illegible]
die stärkste Polarität erregenden Puncte in a und b, [illegible]
beinahe diametral gegenüber in gleichem Abstande [illegible]
Eingufsstelle g. Die Hälfte a c b verhielt sich [illegible]
die Hälfte a d b als östliches Metall. Dieser [illegible]

h aus einer Trennung des selbst nicht ganz homogenen
etalles in zwei ziemlich regelmäſsig vertheilte ungleiche Me-
lmischungen erklären. Diesemnach war eine noch gröſsere
irkung von ähnlichen Apparaten aus künstlich gemachten
girungen zu erwarten. Ein Versuch mit einem aus einer
schung von 8 Theilen Antimon mit 3 Theilen Zink ge-
ssenen rectangulären Rahmen gab ein dieser Ansicht günsti-
s Resultat. Denn wenn die Abweichung der Magnetnadel
einem Rahmen von Antimon, welcher mit diesem letztern
iche Gröſse hatte und gleich stark an dem günstigsten Puncte
värmt wurde, nur 2°, höchstens 3° betrug, so stieg sie in
sem bis auf 10°, war aber bei Erwärmung anderer Puncte
ichfalls Null.

In einem gegossenen Rahmen aus Messing war nicht eine
ur magnetischer Polarisation bemerklich zu machen. In
hnbaren und schwerflüssigen Legirungen scheint sich über-
upt jene zur Erregung einer magnetischen Polarisation er-
derliche Heterogeneität verschiedener Stellen nicht zu bil-
n, wie in spröden und leicht flüssigen Legirungen. Spä-
e Untersuchungen lehrten jedoch, daſs eine Heterogeneität
ſs im krystallinischen Gefüge, zunächst nur abhängig von
r mehr langsamen oder schnellen Abkühlung, der eigentli-
e Grund jenes Verhaltens von Ringen, Rahmen u. s. w.
r, wie wenn sie aus zwei heterogenen Metallen zusammen-
setzt wären. Als nämlich jener Antimonring zerbrochen
ırde, zeigten sich jene zwei Hälften, die sich wie positi-
s und negatives Metall gegen einander verhalten hatten, in
em krystallinischen Gefüge wesentlich verschieden, die öst-
he Hälfte zeigte ein feinkörniges Gefüge, die westliche ein
rnförmig-strahliges. Dieses verschiedene Verhalten hängt von
r verschiednen Art der Abkühlung ab; das durch schnelle
kühlung erstarrte Antimon nimmt stets ein feinkörniges, das
h langsam abkühlende ein strahlig-sternförmiges Gefüge
. Daher Stangen von Antimon, die in aufrechte Formen,
sonders in kalte Formen von Eisen gegossen werden, an
em untern Ende feinkörnig, an ihrem obern Ende strahlig-
rnförmig erscheinen. Zwei solche Stangen mit ihren Enden
n jenem verschiedenen krystallinischen Gefüge zusammenge-
icht, an dieser Berührungsstelle erwärmt, und mit ihren bei-
n andern Enden zur Kette geschlossen, zeigen eine auffal-

fende magnetische Polarisation, und zwar stand das fein-nige Ende im Osten, das sternförmig-strahlige im Westen, wenn der untere Berührungspunct erwärmt wurde und der Nordpol der Kette nach Norden gerichtet war. Uebrigens verhielten sich beide Enden mit Arsenik und Tellur auf gleiche Weise, wie sie auch mit denselben verbunden seyn mochten. Beim Ringe aus Wismuth und aus jener Legirung, aus Antimon und Zink, war indefs keine solche Verschiedenheit in dem krystallinischen Gefüge der beiden Hälften zu unterscheiden.

Hierher gehört auch EMMET's Beobachtung, welcher fand, dafs Scheiben von Antimon und Arsenik bis zu einem gewissen Grade erhitzt, und mit andern Metallen berührt, an nahe bei einander liegenden Stellen der Oberfläche beide elektrische Ströme abgaben, ohne dafs eine andere Ursache, als eine Verschiedenheit der Krystallisation an diesen auf eine entgegengesetzte Weise wirkenden Theilen der Oberfläche anzunehmen war. Diese verschiedenen Ströme an verschiedenen Stellen derselben Oberfläche hörten aber bei verschiedenen Temperaturen auf, je nach Verschiedenheit des berührenden Metalls, z. B, wenn eine heifse Antimonstange von Silber berührt wurde bei 280° F., für Gold bei 90° F. u. s. w.

SEEBECK's Versuche mit Ringen, viereckigen Rahmen u. s. w. von Wismuth und Antimon sind später von dem Engländer STURGEON[1] mit vieler Sorgfalt wiederholt und ganz ähnliche Resultate erhalten worden. Wir heben einige seiner Beobachtungen hervor. Erhitzt man ein gegossenes Rechteck von Wismuth, und untersucht man stellenweise dessen magnetische Kraft, so trifft man auf Stellen, die öfters einen grofsen Theil einer Seite einnehmen, zuweilen aber auch ganz schmal sind, durch deren Erhitzung nicht die geringste magnetische Polarisation in dem Vierecke erregt wird. Eine solche Stelle ist stets der Punct, wo die metallische Masse in die Form gegossen wurde. Sonst zeigt sich aber nichts Constantes über die Lage dieser neutralen Puncte, indem STURGEON sie bald in den Ecken des Rechtecks, bald an den Seiten desselben fand. Erhitzt man seitwärts von einem solchen

1 Philos. Magazine T. X. p. 116. BECQUEREL's Traité cet. T. II p. 41.

utralen Puncte, so findet magnetische Polarisation statt, die ıgnetnadel wird aber bei der Erwärmung rechts und links ch entgegengesetzten Richtungen abgelenkt, oder es werden Sinne der thermoelektrischen Theorie elektrischer Ströme ch entgegengesetzten Richtungen in Bewegung gesetzt. Dai geschieht es oft, daſs wenn bei einem solchen Rahmen die tze auf die nach auſsen gerichtete Seite angebracht wird, Abweichung der Nadel die entgegengesetzte von derjenii ist, welche entsteht, wenn die Hitze auf die innere Seite wirkt hat, ein Beweis, daſs die elektrischen Ströme an den den Seiten in entgegengesetzter Richtung sich bewegen, rüber die weiter unten folgenden Versuche mit einzelnen ngen einen ferneren Beweis liefern werden. Ebenso verten sich Ringe und Ellipsen. STURGEON fand bestätigt, s auch schon SEEBECK beobachtet hatte, daſs dieses von n verschieden krystallisirten Gefüge abhänge, und daſs nur ismuth, Antimon und Zink, welche sich durch ihre kryllinische Textur auszeichnen, dieselben in einem bemerklin Grade zeigen. Werden daher diese Metalle mit etwas n oder Blei versetzt, welche ihr Vermögen zu krystallisiren heben, so zeigen sich unter gleichen Umständen jene thermagnetischen Erscheinungen nur in geringem Grade.

5) Thermomagnetische Erscheinungen in geraden Stangen, Scheiben u. s. w.

Auch die Versuche dieser Art wurden zuerst von SEECK angestellt, indem das beschriebene Verhalten von Rin-, Rahmen u. s. w. ihn darauf führte. Wurde das eine r andere Ende viereckiger Stangen am Antimon von 6 bis Z. Länge und 5 Lin. im Quadrat erwärmt, so zeigten sich wache magnetische Wirkungen und zwar so, daſs die Pole zwei einander entgegengesetzten Flächen, öfters aber noch zwei diagonal einander gegenüberstehenden Kanten vertheilt ren. Ward z. B. das Ende α erwärmt, so lag an mehre- Fig. 58. Antimonstangen der Südpol in a', der Nordpol in b'. Die nten c' und d' verhielten sich neutral oder wie die Mitte wöhnlicher Magnetstäbe. Die Stangen zeigen sich aber ht in ihrer ganzen Länge, in der ganzen Ausdehnung ihFlächen magnetisch polar, der polarisch gewordene Theil

erstreckte sich nur auf einen kleinen Raum, bei einer 10[illegible]-gen Stange auch bei plötzlicher und ziemlich starker Erhitzung nicht über ihre Mitte a hinaus, das Ende β, welches weder erwärmt noch erkaltet war, zeigte keine Wirkung auf die Magnetnadel. Der Magnetismus war immer in dem ersten Momente nach dem Erwärmen des Endes der Stange am stärksten, nahm aber in dem Verhältnisse mehr ab, in welchem sich die Erwärmung in der Stange mehr verbreitete. An kalten Metallstäben, so wie an den in ihrer ganzen Länge gleichförmig erwärmten, war keine Spur von Magnetismus zu bemerken. In der Lage und Stärke der Pole stimmten selten zwei Metallstangen mit einander überein, und auch in der Polarisation einer und derselben Stange zeigte sich nach allmäliger Erwärmung jeder derselben eine beträchtliche Verschiedenheit. SEEBECK führt einzelne Beispiele als Belege an. Immer aber verhielt sich der Magnetismus als ein transversaler, oder die Magnetnadel wurde nach Osten oder Westen abgelenkt, wenn in der normalen Lage ihre Axe mit der Längenaxe der Stange parallel war.

An manchen Stangen zeigte sich bei der Erwärmung des einen Endes nur ein höchst schwacher Magnetismus, während die Erwärmung des andern Endes starke Polarisation erzeugte. Bei andern war kaum einiger Magnetismus wahrnehmbar, es mochte das eine oder das andere Ende erwärmt werden. Wurden beide Enden zugleich erwärmt, während die Mitte kalt blieb, so fand man sie ebenso polarisirt, wie wenn die einzelnen Enden jedes für sich durch Erwärmung polarisirt worden wären. Wurden die Stangen in der Mitte a b c d erwärmt, und blieben die beiden Enden kalt, so zeigte sich eine doppelte Polarisation, die am stärksten ist in der Nähe der erwärmten Mitte und nach den Enden α und β abnimmt. Der Transversalmagnetismus war in dem regelmäſsigsten Falle auf beiden Seiten von entgegengesetzter Beschaffenheit, links von a ein Nordpol, links von b ein Südpol, dagegen rechts von a ein Südpol, rechts von b ein Nordpol. Wurde eine (am besten durch einen heiſsen Bolzen) gleichförmig erwärmte Antimonstange plötzlich an einer Stelle abgekühlt, so traten sogleich Pole hervor und zwar von entgegengesetzter Lage von denjenigen, welche durch die Erwärmung ebendieser Stelle hervorgerufen worden waren.

Ganz auf dieselbe Weise verhielten sich Stangen von al-
andern Metallen, in welchen auf gleiche Weise magneti-
ıe Polarisation erregt werden konnte. Eine solche plötzli-
ı Abkühlung an einer Stelle liefs nie eine bleibende Verän-
ung zurück; waren die Stangen auf die ursprüngliche Tem-
atur zurückgekommen, so verhielt sich alles bei Wieder-
ung der Versuche, wie das erstemal. In dicken Stangen
ielt sich unter sonst gleichen Umständen bei gleichen Län-
dimensionen die Polarisation länger als in dünnen Stangen.
m Zerbrechen zeigten die Stangen, in welchen der stärkste
gnetismus aufgetreten war, stets ein sternförmig-strahliges
füge, durch die ganze Länge der Stange gleichförmig, die
timonstangen mit feinkörnigem Gefüge hatten nur einen
wachen Magnetismus gezeigt.

Da das käufliche Antimon, aus welchem jene Stangen ge-
sen waren, etwas Eisen enthielt, so wurde versucht, ob
chen Stangen durch Streichen mit starken Magnetstäben Ma-
tismus mitgetheilt werden könnte, aber ohne Erfolg. Auch
rden Bruchstücke desselben von Magneten nicht angezogen.
ngen von ganz reinem Antimon verhielten sich ebenso
ksam, wie Stangen von käuflichem. Stangen von Wis-
th verhielten sich wie diese, aber in Stangen von reinem
tin, feinem Silber, Messing und geschmeidigem Kupfer war
ne deutliche Spur von magnetischer Polarisation auf die
n angegebene Weise zu erzeugen. Nur an einer einzelnen
ossenen Kupferstange zeigte sich ein höchst schwacher Ma-
tismus, doch ohne regelmäfsig vertheilte Pole. Dagegen
wirkte eine gegossene Stange Zink durch Erwärmung eines
er Enden eine schwache, doch deutliche Ablenkung der
gnetnadel, und hatte regelmäfsige Pole.

Legirungen von Wismuth und Kupfer, Antimon und Zink,
timon und Kupfer und Wismuth und Antimon in Form von
ngen wurden gleichfalls thermomagnetisch unter den oben
gegebenen Bedingungen, und zwar, was die Intensität der
irkung betrifft, in der angeführten Ordnung. Indem Seе-
ck von der Voraussetzung ausging, dafs in solchen Stangen
e ähnliche, gleichsam der ganzen Länge nach fortlaufende
terogeneität statt finde, wie sie zwischen den zwei Hälften
er Ringe von Antimon beobachtet wurde, wo dann nur
Unterschied statt finden würde, dafs in den Ringen und

Rahmen die heterogenen Hälften nur in zwei Berührungsstellen auf einander wirken, während in den Stangen eine solche Wirkung in der ganzen Ausdehnung ihrer Länge statt fand, so war von Stangen, die durch Verbindung zweier Stangen von verschiedenen Metallen durch Zusammenschmelzen oder Zusammenschweifsen gebildet wurden, eine noch gröfsere Intensität von thermomagnetischer Thätigkeit zu erwarten, und in der That bestätigte der Versuch ganz diese Vermuthungen. Solche Doppelstangen von Antimon und Wismuth, Antimon und Glockenmetall, Antimon und Kupfer, Antimon und Zink, zeigten bei Erwärmung an dem einen oder andern Ende, oder in der Mitte ganz dieselben Erscheinungen, wie die einfachen Stangen, nur mit gröfserer Stärke, jedoch nicht von gröfserer Ausdehnung von der erwärmten Stelle aus, wie in den einfachen Stangen, und wenn das erwärmte Ende einer solchen Doppelstange nach unten, und ihr Nordpol nach Norden gerichtet war, so zeigte sich die relative Stellung beider Metalle ganz so, wie in der zweigliedrigen Kette, d. h. das in der thermomagnetischen Reihe tiefer nach dem westlichen Ende zu gelegene Metall war nach Westen, das höher in der Reihe stehende nach Osten gerichtet. Durch diese Zurückführung auf die zweigliedrige Kette liefs sich auch bestimmen, wie die zwei blofs durch krystallinisches Gefüge von einander abweichenden Theile oder Hälften eines und desselben Metalls sich gegen einander verhalten, zu welchem Zwecke Seebeck eine Stange von Antimon in eine eiserne Form gofs, welche aus zwei Hälften bestand, wovon die eine heifs, die andere kalt war, die eine Hälfte der Stange also rasch erstarrte und ein mehr körniges Ansehn annahm, die andere langsam erstarrende Hälfte mehr sternförmig strahlig sich darstellte. Wurde die Stange an dem einen oder andern Ende erwärmt, so wurde sie magnetisch, und zwar lagen die Pole längs den Kanten, wo die beiden Hälften der Form in Berührung gewesen waren, und aus der Lage der beiden Hälften der Stange ergab sich dann, dafs die in dem heifsen Theile der Form langsam abgekühlte Hälfte sich als westliches (positives), die andere schnell erstarrte Hälfte als östliches (negatives) Metall verhielt.

Auch mit Scheiben stellte Seebeck Versuche an, und zwar polarisirte sich jeder Theil einer solchen Scheibe nach Erwärmung jedes der einzelnen auf einander folgenden Punct-

g in derselben Art, wie es auch ein Segment der Scheibe
en haben würde, wenn es in der Mitte allein in der Tem-
tur erhöht worden wäre.

Auch eine hohlgegossene Kugel von Antimon wurde nach
ärmung einzelner Stellen gleichfalls magnetisch-polar und
r völlig so, wie auch ein Segment der Kugel bei Erwär-
g des Mittelpunctes desselben für sich geworden wäre.
olgt man die erzeugten Polarisationen, so ergiebt sich,
in den sämmtlichen, in der Aequatorialebene gelegenen,
hrer Temperatur erhöhten Puncten die durch Erwärmung
ugten Theile der Pole sich einander gegenseitig schwä-
, die in die Meridianebenen fallenden Theile jener Pole
nder gegenseitig verstärken müssen, und dafs also die Po-
it in der Meridianebene schon hierdurch das Uebergewicht
die in der Aequatorialebene erhält, dafs ferner jene in
Meridianebene oberhalb und unterhalb der Aequatorial-
ie gelegenen entgegengesetzten Pole noch beträchtlich ver-
it und ausgedehnt werden, wenn die Endpuncte jener Me-
ine stark abgekühlt werden. Die Anwendung, die sich
von auf die Erklärung des Erdmagnetismus machen läfst,
ebt sich von selbst.

V. Yelin, ohne, wie es scheint, von Seebeck's Versu-
n mit einfachen geraden Stangen nähere Kenntnifs gehabt zu
en, ungeachtet dieselben schon im August 1821 der Berliner
demie mitgetheilt waren, diejenigen des Münchner Physikers
gen erst den 12ten April in der physikalischen Classe der
rischen Akademie vorgetragen wurden, erhielt ganz glei-
Resultate. Bei der grofsen Empfindlichkeit der Boussole,
er anwendete, erhielt er selbst in Fällen positive Resul-
, wo Seebeck keine erhalten hatte. Er fand zwar wie
er, dafs Antimon und Wismuth am stärksten polarisirt
den, allein er will auch durch Temperaturdifferenzen Stan-
von andern Metallen, namentlich von Kupfer, Silber, Zink,
bestimmt magnetisch polarisirt gefunden haben. Dabei
ten ihm die Stangen in ihrer ganzen Länge, gerade wie
beck gefunden hatte, Transversalmagnetismus, und zwar
entgegengesetzter Lage der Pole, je nachdem das eine
r andere Ende erwärmt war; wurde dagegen die Stange
ler Mitte erhitzt, so war der Magnetismus dreifach, an den
len Enden gleichgerichtet, in der Mitte von entgegenge-

Fig. 59. u. 60. setzter Lage der Pole, wie in der Zeichnung aus der Ablenkung der Magnetnadel ersichtlich ist, unterhalb welcher der Stab bald mit dem Ende A, bald nach Umkehrung der Stange mit dem Ende B von Norden nach Süden vorwärts geschoben wird. Wurde der Stab auf diese Weise oberhalb der Nadel vorwärts bewegt, so waren die Ablenkungen entgegengesetzt. Merkwürdig sind die Versuche mit verschiedenen Stangen von Wismuth von 7 Zoll Länge und einer solchen Form, dafs ihr Querschnitt ein Dreieck, Viereck, Sechseck und einen Kreis darstellte von 1 Zoll Durchmesser, in welchen sich jene drei erstern gerade einschreiben liefsen. Von Yelin stellt graphisch die Vertheilung der Magnetpole an diesen verschiedenen Querschnitten dar, und findet darin eine durchgängige Uebereinstimmung mit der Vertheilung der magnetischen Pole in einem Oersted'schen (von einem hydroelektrischen Strome durchlaufenen) Drahte. Die Darstellung der Art, wie jene Pole der Querschnitte ausgemittelt wurden, ist jedoch unklar, und es ergiebt sich nur das allgemeine Resultat, was auch durch anderweitige Versuche bestätigt wird, dafs in solchen Stangen, wenn sie durch Erwärmung magnetische Polarität erhalten, sich die elektrischen Ströme, von welchen die magnetischen Wirkungen abhängen, nicht wie im Oersted'schen Drahte als in einer Richtung durch die ganze Stange bewegend darstellen, sondern die an der unteren Seite sich hinbewegenden bei einzelnen Stangen sich an der obern Seite in entgegengesetzter Richtung zurückbewegend zeigen. So fand Sturgeon, welcher viele ähnliche Versuche mit viereckigen und cylindrischen Stangen von Wismuth und Antimon anstellte, dafs bei einem cylindrischen Stabe von Antimon von 8 Z. Länge und 0,75 Z. im Durchmesser, dessen Enden scharf abgeschnitten wurden, um reine Flächen zu erhalten, wenn er nur die eine Hälfte einer dieser Flächen erwärmte, sich eine Reihe von elektrischen Strömen erzeugte, von deren Richtung man sich leicht durch die Richtung der Magnetnadeln wird Rechenschaft geben können. Ein anderer Fig. 61. ähnlicher Cylinder, der an dem einen Ende gleichförmig erhitzt wurde, erschien gleichsam durch eine seine Axe schneidende Ebene in zwei Hälften getheilt, durch deren jede Mitte eine Linie der Länge nach ging, welche sich neutral verhielt, so dafs drei wirksame magnetische Axen, und an der

egengesetzten Flächen entgegengesetzte Ströme erkennbar n, wie aus der Zeichnung leicht zu ersehn ist. Bei ei- Kegel von Antimon, von 4,5 Z. Höhe und 2,2 Z. Basis en die elektrischen Ströme von oben nach unten (nach Ablenkung der Magnetnadel bestimmt), oder von un- nach oben, je nachdem die Basis abgekühlt oder erhitzt le.

Fig. 62.

V. Yelin erkannte auch ganz richtig den Einfluſs, wel- die Art der Abkühlung auf das Verhalten solcher Stangen Wismuth und Antimon ausübt. So fand er einen sehr ɜntlichen Unterschied in der Vertheilung der Pole zwischen m schnellen kalten Wasser und einer langsam abgekühlten ge von Wismuth und zwischen dem Verhalten der beiden en einer und derselben Wismuthstange, abhängig von der chieden schnellen Erkaltung derselben. Es stellen E und ie beiden Enden der langsamer erkalteten Wismuthstange und zwar F das obere, am Eingusse befindliche und E untere; das obere ist in zwei ungleiche (bei der rasch ab- ihlten Stange waren sie von gleicher Ausdehnung) Polari- iälften abgetheilt, wovon der einen, welche den Nordpol Magnetnadel nach Osten ablenkt, etwa 90°, der andern, westliche Ablenkung bewirkenden, 270° zukommen, das ɜre Ende zeigt bei der Erwärmung sechs Pole, so daſs stärksten, mit ω bezeichneten Theile 95°, dem folgenden chen 62°, dem daranstoſsenden westlichen 57°, dem nächst- ɜnden östlichen 45°, dem darauf folgenden westlichen 42° endlich dem letzten östlich ablenkenden 56° zukommen. Yelin nimmt von dem obern Ende an, daſs es wegen der ittelbaren Einwirkung der Luft schneller erkaltet, auch weniger dichtem Gefüge sey, und daſs das untere Ende mehreren Pole der mehr gleichförmigen und entwickel- strahligen Krystallisation zu verdanken gehabt habe.

Fig. 63.

Gesetze für die Intensität und die Art der Vertheilung der magnetischen Polarisation in der einfachen thermomagnetischen Kette.

Wir haben zwar schon in den vorhergehenden Artikeln genheit gehabt, im Vorbeigehn von dem Einflusse ver-

schiedener Umstände auf die Stärke und die Art der Verthei-
lung der magnetischen Pole in einfachen thermoelektrischen
Ketten zu sprechen. Hier sollen aber noch besonders die Re-
sultate genauer messender Versuche über die Abhängigkeit der
Intensität und Richtung der Pole von den Temperaturdiffe-
renzen mitgetheilt werden. Den Bemühungen BECQUEREL's
verdanken wir in dieser Hinsicht die genauesten Versuche.
Durch Hülfe seines, nach der oben beschriebenen Methode
regulirten Multiplicators bestimmte er das Gesetz, nach wel-
chem mit Zunahme der Temperaturdifferenz zweier Löthstel-
len die Intensität des elektrischen Stromes zunimmt. Nachfol-
gende Tabelle stellt das Resultat dieser Versuche für die Com-
bination Kupfer und Eisen dar.

	Temperatur.		Ablenkungen der Magnetnadel.	Entstehende Intensität des elektrischen Stromes.
	Erste Löthstelle.	Zweite Löthstelle.		
1ster Versuch.	50°	0°	7°,15	11
	100	0	12,75	22
	150	0	16,00	31
	200	0	18,00	37
	250	0	19,00	40
	300	0	0,00	0
2ter Versuch.	50°	50°	0°,00	0
	100	id.	7,25	10
	150	id.	11,75	20
	200	id.	14,00	26
	250	id.	15,20	29
	300	id.	16,00	30
3ter Versuch.	50°	0°	0°,00	0
	100	100	0,00	0
	150	id.	6,10	9
	200	id.	9,50	15
	250	id.	11,00	18
	300	id.	0,00	0

Man ersieht aus dieser Tabelle, dafs die Intensität des elek-
trischen Stromes 11, welche im 2ten Versuche durch die Tem-
peraturen 50° und 100° erhalten wurde, gleich ist dem In-

chiede der Intensitäten 22 und 11, welche im ersten Ver-
ıe für die Temperaturen 50° und 100° erhalten worden
en, wenn die zweite Löthstelle in beiden Fällen auf 0°
befand. Ebenso ist die Intensität 20 im zweiten Versu-
gleich dem Unterschiede der Intensitäten 31 und 11 im
en Versuche, welche den Temperaturen 150° und 100°
prachen u. s. w. Es ergiebt sich daraus das allgemeine
ultat, daſs in der Combination Kupfer und Eisen, wenn
ı jede der beiden Löthstellen auf eine verschiedene Tem-
ıtur erhöht, die Intensität des elektrischen Stromes gleich
dem Unterschiede der Intensitäten des Stromes, welcher
Reihenfolge nach hervorgebracht wird durch jede dieser
nperaturen, während die andere Löthstelle sich auf 0° be-
let, nicht aber der Intensität des Stromes, welcher aus der
ſsen Differenz dieser Temperaturen resultirt.

Was das Gesetz betrifft, nach welchem die Intensität des
ıtrischen Stromes im Verhältniſs der Zunahme der Tempe-
ır der einen Löthstelle wächst, so gilt nur für das Palla-
m und Platin auch bis zu der stärksten Temperatur, bei
lcher sie geprüft worden, das Gesetz, daſs sie genau der
nahme der Temperatur proportional ist. Daſs aber dieses
setz schon nicht für die Combination Kupfer und Eisen
ltig sey, erhellet schon aus der eben mitgetheilten Tabelle,
d die nachfolgenden Beispiele zeigen noch deutlicher, daſs
ser Gang so wenig gleichförmig ist, daſs vielmehr die In-
sität mit zunehmender Temperatur wieder abnimmt und
rch 0° hindurch die magnetische Polarität sich umkehrt
er der thermoelektrischen Theorie gewiſs der elektrische
om dann eine entgegengesetzte Richtung von seiner frühe-
ı nimmt.

Bezeichnung der Metalle.	Temperatur der einen Löthstelle, während die andere sich auf 0° befindet.	Ablenkung der Magnetnadel.	Entsprechende Intensität des el. Stroms.
	50°	10°	72°
	100	20	120
+ −	150	25	145
Eisen; Kupfer	200	27,5	158
	250	28,5	163
	300	29	166,2
− +	In der Rothglühhitze verwandelt sich die Polarisation in die entgegengesetzte.		
+ −	0°	0°	
Silber; Zink	20	2	
	39	4	
	58	6	
	80	8	
	120	10	
	160	8	
	187	6	
	207	4	
	215	2	
	225	0	
+ −	225°	0°	
Zink; Silber	236	2	
	247	4	
	253	6	
	262	8	
	270	10	
	281	12	
	300	14	
	290	12	
	282	10	
− +	72°	2°	
Gold; Zink	150	0	
+ −	150	0	
Gold; Zink	180	2	
	195	4	
	219	6	
	220(?)	8	
	240	10	
	255	12	
	275	14	

m Eisen und Kupfer wird die Intensität von 300 an sta-
iär und wächst nicht weiter mit der Temperatur, viel-
ır nimmt sie ab, wird 0, und die entgegengesetzte Ablen-
ıg der Magnetnadel zeigt eine entgegengesetzte Richtung
elektrischen Stromes an: das Silber und das Gold zeigen,
man sieht, gegen das Zink ein ganz gleiches Verhalten,
ı nämlich in höherer Temperatur die Intensität abnimmt, 0
d, und endlich die Polarisation sich umkehrt. Dafs die
wirkung der Luft auf das Zink keinen Antheil hieran habe,
ellt daraus, dafs dieselbe Erscheinung auch eintritt, wenn
Löthstelle in von Luft und Wasser befreites Oel einge-
cht ist und dieses allmälig erhitzt wird. Bei der Combi-
on von Eisen und Kupfer hat der Durchmesser der Drähte,
wie die Art der Verbindung, ob sie nämlich zusammenge-
et oder durch Druck in recht innige Berührung mit ein-
er gebracht sind, keinen Einflufs auf die Intensität des
ımes. Bei gleicher Temperaturdifferenz ist er immer der-
e, aber bei den Combinationen Gold und Zink, Silber und
k äufsern diese Umstände allerdings Einflufs. Wenn nun
ch in höheren Temperaturen der Gang der magnetischen
ktrischen) Intensität und Temperatur nicht gleichförmig ist,
fand doch BECQUEREL[1] für niedrigere Temperaturen, näm-
von 0° bis 40° C., diesen Gang fast durchaus gleichför-
für Eisen und Silber, Eisen und Kupfer, Kupfer und
in, Silber und Zinn, Kupfer und Zinn. Dasselbe fand
ı POUILLET[2] für eine Kette aus Wismuth und Kupfer
ig, deren eine Löthstelle constant auf 0° erhalten wurde,
rend die andere innerhalb der Grenzen + 17° und + 77° C.
ärmt wurde. Die mittlere Intensität des Stromes verhielt
für jeden Grad ungefähr gleich und die Zunahme der In-
ität war der Zunahme der Temperaturdifferenz propor-
al.

Auch CUMMING hat schon im Jahre 1823 lange vor BECQUE-
, von welchem die bisher mitgetheilten Angaben herrüh-
die Polarisationsumkehrung der Combination des Eisens
verschiedenen Metallen in höheren Temperaturen erkannt.

---

1 In allen thermometrischen Bestimmungen werden Centesimalgrade
anden.

2 Poggendorff Ann. XLI. 148.

Folgende Tabelle zeigt nach seinen Versuchen die entgegen-gesetzten Ablenkungen der Magnetnadel für geringere und höhere Temperaturdifferenzen.

Ablenkungen:

Geringere Temperatur-differenz.		Beim Rothglühen.	
Eisen und Silber	10°	8°	
— — Kupfer	13	13	
— — Gold	7	4	
— — Messing	17	5	
— — Zink	7	5	schmelzendes Zink.
Positiv.		Negativ.	

Mit Platin und Blei zeigte das Eisen jene Polaritätsumkehrung nicht. Cumming stellte die Versuche auch so an, daſs er die noch nicht mit einander verbundenen Drähte in siedendes Quecksilber eintauchte. In diesem Falle zeigte sich öfters eine entgegengesetzte Polarisation, je nachdem der eine oder andere Draht zuerst eingetaucht worden war. Diese Erscheinung hat nichts Auffallendes, da natürlich das zuletzt eingetauchte Metall jedesmal als die kältere Löthstelle wirken und mit dem zuerst eingetauchten Metalle als der erhitzten Löthstelle und folglich der Theorie gemäſs eigentlich in beiden Fällen die Polarisation entgegengesetzt ausfallen muſste.

Etwas abweichend von diesen Resultaten ist das ergebniss welches Pouillet[1] mit der Combination Platin und Eisen erhielt. Er bediente sich dazu seines sogenannten magnetischen Pyrometers, einer thermomagnetischen Kette aus einem Flintenlaufe und zwei Platindrähten, mit 2 Löthstellen, wovon die eine beliebig erhitzt werden konnte, während die andere in einer constanten niedrigeren Temperatur sich befand. Die thermoelektrische Kette wurde mit einem Multiplicator, gebildet aus 25 bis 30 Windungen eines Kupferstreifens von 10 Millimetern Breite und 0,5 Millimeter Dicke, verbunden. Eine gewöhnliche Magnetnadel im Innern des Multiplicators, auf einem Hütchen schwebend, erfährt die Wirkung des Stro-

1 Poggendorff Ann. XXXIX. 574.

es und erleidet eine von dessen Intensität bedingte Ablenung. Um gegen die Veränderungen in der Wirkung gehützt zu seyn, die aus der relativen Lage der Nadel gegen n Strom entspringen würden, ist der Multiplicator um die e des Hütchens der Nadel beweglich gemacht und man dreht n in dem Maſse, als er die Nadel ablenkt, so daſs seine irkung auf dieselbe immer senkrecht gegen seine Länge ibt oder, was dasselbe ist, der Multiplicator und die Nal immer in derselben Verticalebene sich befinden. Wenn n nun durch 1000000 die Intensität der Kraft bezeichnet, t welcher der Erdmagnetismus die Nadel in den magnetien Meridian zu drehn trachtet, sobald sie senkrecht auf sem magnetischen Meridiane steht, so ist leicht ersichtlich, ſs die Intensität des elektrischen Stromes ausgedrückt wird ch

$$1000000 . \mathrm{Sin.} x,$$

bald er in der Verticalebene der Nadel befindlich sie in soler Lage erhält, daſs sie mit dem magnetischen Meridiane n Winkel x bildet. Diese Ablenkung wird durch ein Fernr beobachtet, welches der Multiplicator in seiner Beweng mit fortführt. Um nun die Temperaturdifferenzen genau stimmen zu können, denen die beobachteten Intensitäten des ktrischen Stromes entsprechen, wurde mit der zu erhitzenn Löthstelle ein ebenfalls von Pouillet ersonnenes Luftrometer verbunden, das diese Temperaturen in Centesimalden genau angab. Man erhält dadurch eine Reihe Ablenngen und entsprechender Temperaturen. Wenn man nun die ensität des Stromes, gegeben durch eine Temperaturdifferenz ischen den beiden Löthstellen, durch 1000000 . Sin. x ausickt, so ist die einem Grade entsprechende mittlere Intenit

$$I = \frac{1000000 . \mathrm{Sin.} x}{t};$$

chdem man die mittleren Intensitäten nach einer zwischen Temperaturen 100 und 1000 angestellten groſsen Zahl von rsuchen berechnet, erhält man folgende Resultate:

t Temperaturdifferenz der Löthstellen, die der Löthstelle auf 15° R. oder 20° Cent.	$\frac{1000000 . \text{Sin. } x}{t}$ oder mittlere Intensität d. Stroms für 1° Temperaturdifferenz.	x oder Ablenkung entsprechend t.
100°	950	5° 27′
150	920	7 55
200	890	10 16
250	860	12 26
300	830	14 25
350	805	16 23
400	780	18 11
450	760	20 0
500	745	21 51
550	730	23 28
600	720	25 30
650	730	28 19
700	755	31 52
750	780	35 48
800	815	40 41
850	850	46 13
900	885	52 50
950	920	60 50
1000	955	72 0

Aus dieser Tabelle folgt, dafs der thermoelektrische Strom, welcher sich durch die Berührung des Eisens und Platins entwickelt, keineswegs den Temperaturdifferenzen proportional ist, sondern dafs seine mittlere Intensität für einen Grad bis ungefähr 600° abnimmt und dann wieder ziemlich rasch steigt, so dafs sie bei 1000° fast das ist, was sie bei 100° war. Mittelst dieser Angabe läfst sich die absolute Intensität für jeden Grad berechnen, und man findet, dafs das Minimum der Intensität sehr nahe bei anfangender Rothglühhitze eintritt und dafs von diesem Puncte ab die Intensität zu wachsen beginnt.

Zwei andere Apparate mit sehr verschiedenem Eisen gaben ganz ähnliche Resultate.

Wir müssen indefs in Beziehung auf die Berechnung der Intensität nach dem Winkel x der Ablenkung bemerken, dafs nicht eigentlich der Sinus von x das Mafs für dieselbe ist, sondern das Product aus dem Sinus des Ablenkungswinkels:

seine Tangente. Doch wird in den Resultaten nichts Wesentliches dadurch geändert.

Der Americaner Emmet hat eine sehr ausführliche Tabelle über die Richtung, welche der elektrische Strom nimmt, e nachdem von zwei heterogenen Metallen das eine als heifses las andere als kaltes, oder umgekehrt das erste als kaltes das weite als heifses berührt, wobei sich der (positive) elektriche Strom entweder als gleichlaufend mit der Fortpflanzung ler Wärme, oder als derselben entgegenlaufend zeigte. Vergleicht man die Resultate dieser Versuche mit der thermomagnetischen Reihe und mit dem dieser Reihe gemäfs sich zeigenden Verhalten der beiden Löthstellen, nämlich der heifsen ind kalten, gegen einander, so ergiebt sich, dafs die Berühungsstelle zwischen dem heifsen und kalten Metalle sich in ielen Fällen gleichmäfsig als heifse Löthstelle gegen die beien Verbindungsstellen mit den Drähten des Multiplicators als alter Löthstelle verhielt. So z. B. ging, welches der Metalle ls kalte Scheibe mit der heifsen Scheibe von Wismuth beihrt wurde, der (positive) elektrische Strom stets von der eifsen Wismuthscheibe nach der Scheibe des kalten Metalls, nd insofern auch gleichlaufend mit der Wärme, dem Gesetze er thermomagnetischen Reihe gemäfs; wurden dagegen die eifsen Scheiben der übrigen Metalle mit der kalten Wismuthheibe in Berührung gebracht, so ging abermals der (posive) elektrische Strom vom Wismuth zu diesen Metallen, also leichsam dem Strome der Wärme entgegen, aber gleichfalls m Gesetze der Reihe gemäfs, wenn man diese Berührungselle als die heifse in Anspruch nimmt, doch war der Strom irker, wenn das Wismuth kalt, als wenn es heifs angewandt urde. Dasselbe gilt für die Combinationen des Platins mit upfer, Silber, Zink, Gold und Messing, des Kupfers mit lber und Quecksilber, des Bleis mit Zink und Eisen, des sens mit Gold, Nickel und Mercur. Das Antimon zeichnete h dadurch aus, dafs bei Berührung der kalten Antimonheibe mit den heifsen Scheiben der übrigen Metalle von gessen Stellen der ersteren der (positive) elektrische Strom ch den kalten Metallen, an andern Stellen hingegen dieser rom in den übrigen Metallen nach dem Antimon ging, vom ckel und Quecksilber ging indefs gleichmäfsig der elektrihe Strom nach dem Antimon, dieses mochte das erhitzte

oder kalte Metall seyn. Beim Arsenik gaben die Combinationen mit Platin, Kupfer, Silber, Blei, Zinn, Zink, Eisen gar keinen Strom, wenn das Arsenik heiſs war; ebendiese Metalle verhielten sich aber als heiſse mit dem kalten Arsenik negativ, d. h. der Strom ging von ihnen zu diesem. Mit Quecksilber und Nickel verhielt sich das Arsenik positiv, es mochte heiſs oder kalt seyn. So wie das Arsenik heiſs mit den meisten Metallen keinen merklichen Strom gab, gab das Platin heiſs mit Blei und Zinn nur einen höchst schwachen, dagegen das Kupfer kalt mit heiſsem Blei keinen Strom, umgekehrt aber das heiſse Kupfer mit dem kalten Blei, welches sich negativ verhielt. Das Nickel zeigte sich gegen Kupfer positiv, es mochte heiſs oder kalt seyn, aber gegen Zink in beiden Fällen negativ.

Noch wird in einfachen Ketten die Intensität des Stromes für dieselbe Combination bei gleichbleibendem Durchmesser und bei gleichbleibender Temperaturdifferenz durch die Längenausdehnung des einen oder andern oder beider Metalle bestimmt und nimmt mit der Zunahme derselben ab, weil mit dieser Längenausdehnung der Leitungswiderstand in der Kette zunimmt. So gab in einem Versuche CUMMING's ein Stab von Wismuth mit 4 Fuſs Kupferdraht von $\frac{1}{21}$ Z. Durchmesser eine Ablenkung von 20°, er zeigte mit 8, 16 und 32 Fuſs mit demselben Kupferdrahte correspondirende Ablenkungen von 15°,5, 10° und 7°. Dicker Kupferdraht gab bei derselben Länge eine stärkere Ablenkung als dünnerer. Auch in FOURIER's und OERSTED's Versuchen gab eine einfache zweigliedrige Kette von Antimon und Wismuth bei doppelter Ausdehnung in der Länge nur eine Ablenkung von 13° bis 15°, während sie bei einfacher Länge 22° bis 25° gab. Nach EMMET's Versuchen bleibt jenes merkwürdige Verhalten, nach welchem sich die Metalle in zwei Gruppen ordnen, in deren einer der elektrische Strom von dem kalten nach dem heiſsen Theile, in der andern umgekehrt geht, für jede Temperaturänderung unverändert dasselbe.

7) Thermoelektrische Säule.

Es war zu erwarten, daſs mehrere Combinationen von denselben zwei heterogenen Metallen in derselben Ordnung

auf einander folgend, wenn abwechselnd die Löthstellen erwärmt und die zwischen je zwei erwärmten liegenden kalt erhalten wurden, eine verstärktere Wirkung geben würden, indem die in einer Löthstelle erregte thermoelektrische Thätigkeit sich zu derjenigen der zweiten, dritten u. s. w. addiren und in dem Verhältnisse ihrer Zahl sich zu einer kleinern oder gröfsern Summe vereinigen würde, womit eine stärkere Wirkung auf die Magnetnadel gegeben seyn mufste. SEEBECK hat auch hierüber die ersten Versuche angestellt. Die kleinste thermoelektrische Säule besteht aus zwei Paaren, wo A Antimon, K Kupfer bezeichnen. SEEBECK's Doppelkette bestand aus Antimonstangen von 9 Zoll Länge und 0,5 Z. Dicke und aus Kupferblechstreifen von 3,5 Z. Länge, 0,5 Z. Breite und 0,2 Lin. Dicke. Als a allein erwärmt wurde, wich die Magnetnadel anhaltend um 10° ab, hingegen stieg die Declination auf 20°, als späterhin beide Berührungspuncte a und d zugleich erwärmt wurden. Eine einfache Kette aus einer Antimonstange von 9 Z. Länge und 0,5 Z. Dicke und einem einfachen Kupferstreifen von 16 Z. Länge, 0,5 Z. Breite und 0,2 Lin. Dicke gab aber noch eine stärkere Declination, nämlich von 21°,5. Man erkennt schon vorläufig aus diesem ersten Versuche den grofsen Einflufs des Leitungswiderstandes, den bei thermoelektrischen Säulen die Ausdehnung der Metalle in die Länge, welche der elektrische Strom durchlaufen mufs, ausübt, und die gröfsere Wirksamkeit der einfachen Kette von der Doppelkette, sogar bei gleicher Längenausdehnung, erklärt sich nur aus dem viel bessern Leitungsvermögen des Kupfers, welches in der zweiten Kette den gröfsern Theil der Längenausdehnung bildete.

Fig. 64.

FOURIER und OERSTED haben diese Versuche mit grofser Umsicht abgeändert und die Gesetze der Wirksamkeit thermoelektrischer Säulen bestimmt. Sie wandten zu ihren Versuchen Stangen von Wismuth und Antimon an. Erst versuchten sie ein Sechseck von je drei gleichen Stäben von Antimon und Wismuth 4,7 Z. lang, 0,6 Z. breit und 0,16 Z. dick. Zur Prüfung der thermomagnetischen Thätigkeit bedienten sie sich einer Boussole, welche so nahe wie möglich unter eine Seite des Sechsecks, die sich in der Ebene des magnetischen Meridians befand, gebracht wurde. Die Ablenkung der Magnetnadel nahm zu mit der Zahl der abwechseln-

den Ecken, die erwärmt wurden, von 1 bis 3. Wurden die abwechselnden Ecken künstlich erkältet, so zeigte sich die Zunahme der Ablenkung auf dieselbe Weise, sobald eine, zwei oder drei Ecken abgekühlt wurden; nur war dann die Ablenkung die entgegengesetzte. Wurde der Versuch in einem gröfseren Mafsstabe mit 22 Stangen von Antimon und Wismuth angestellt, so zeigte sich die Wirkung nach demselben Gesetze mit der Zahl der abwechselnd erwärmten Löthstellen verstärkt. Als die Kette an einer Stelle unterbrochen war, wurden an die Enden der gebrannten Stäbe kleine Messingbecher, in welche Quecksilber gegossen war, angebracht, um den Einflufs verschiedener Schliefsungsdrähte auf die Wirkung der Säule zu untersuchen. Ein Kupferdraht nahe an 8 Zoll lang und 0,03 Z. dick war fast hinreichend zu einer vollkommenen Verbindung, zwei solcher Drähte neben einander bewirkten ganz vollkommene Verbindung, ebenso ein Kupferdraht von 3 Fufs Länge; dagegen schlofs ein Platindraht, etwa 16 Z. lang und 0,2 Lin. im Durchmesser, die Kette nur sehr unvollkommen, indem die Ablenkung nicht mehr als 1° betrug, welche bei den andern Schliefsungen über 30° betragen hatte. Bei dieser Verstärkung der magnetischen Wirkung durch eine Combination mehrerer Paare derselben Metalle war zu erwarten, dafs, wenn dieselbe von einem ganz gleichen elektrischen Strome, wie in der hydroelektrischen Kette, abhinge, auch die übrigen Wirkungen dieses Stromes, die chemischen, physiologischen und physischen Wirkungen, zum Vorschein gebracht werden könnten. Fourier und Oersted stellten in dieser Hinsicht mehrere Versuche mit 22 Combinationen von parallelepipedischen Stangen von Wismuth und Antimon von 0,6 Z. Seite an; sie erhielten aber keine Spur von chemischen Wirkungen. Die Unterbrechung des Kreises auch durch die dünnste Schicht der besten Leiter der zweiten Classe, namentlich von Salpetersäure, Salmiakauflösung u. s. w., schien eine vollkommene Unterbrechung hervorzubringen; es hörte augenblicklich jede Wirkung auf die Magnetnadel auf; nur in einem Falle schien eine schwache Wirkung auf eine Auflösung von schwefelsaurem Kupfer, womit eine zwischen zwei Silbermünzen befindliche Schicht Papier befeuchtet war, statt zu finden, indem sich einige Spuren von reducirtem Kupfer auf der einen Silbermünze zeigten, die sich leicht ab-

chen liefsen. Andere Physiker haben jedoch bestimmtere
chen chemischer Zersetzung durch den thermoelektrischen
om erhalten. Moser[1] erhielt mit einer Säule aus 24 Ei-
- und Platindrähten, in deren Kreis ein Multiplicator und
Schicht von $\frac{1}{8}$ Z. verdünnter Schwefelsäure, in welche
i Kupferplatten von einem Quadratzoll Oberfläche eintauch-
, aufgenommen war, eine Ablenkung der Magnetnadel von
, welche, wie eine Abänderung der Versuche bewies, le-
lich von der thermoelektrischen Thätigkeit abhing. Brachte
zwei übersilberte Kupferstreifen, zwischen welchen ein mit
kalilösung befeuchtetes Papier sich befand, in den Kreis
selben Säule, so war die Ablenkung der Magnetnadel sehr
k, aber auch innerhalb einer halben Stunde war keine
r von Zersetzung des Jodkalium zu entdecken. Diese Säule
hielt sich demnach noch wie jene schwachen hydroelektri-
n einfachen Ketten, deren Strom nach Faraday's[2] Ver-
hen zwar noch durch Flüssigkeiten geleitet wird und eine
weichung der Magnetnadel bewirkt, aber eine zu geringe
nsität hat, um eine chemische Zersetzung zu bewirken.

Berzelius[3] führt an, dafs, wenn man in den Kreis einer
bili'schen thermoelektrischen Säule von 40 bis 50 Combina-
en eine Salmiakauflösung bringt, in welche Silberstreifen
chen, der eine derselben, welcher mit dem positiven Pole
Verbindung steht, deutlich angegriffen werde, und wenn
ihn dann herausnimmt, abspühlt und dem Sonnenlichte
etzt, durch sein Schwarzwerden deutlich das an ihm ge-
ete Chlorsilber anzeige, zum Beweise, dafs an dem posi-
n Pole durch Zersetzung der Salmiaklösung Chlor ausge-
eden wurde. Am weitesten hat aber Botto[4] in Turin
e Versuche getrieben. Er wandte dazu eine Combination
120 Stücken Eisen- und Platindraht an, deren Länge fünf
ien und deren Durchmesser 0,25 Millimeter betrug. Aus
en wurde durch Zusammenlöthen des Eisens und Platins
Streifen von 240 Linien gebildet und um ein hölzernes

1 Repertorium der Physik. Th. I. S. 347.
2 Poggendorff Ann. XXXV. I fg., vgl. Pfaff's Revision der
e vom Galvano-Voltaismus. S. 161.
3 14ter Jahresbericht. S. 61.
4 Poggendorff Ann. XXVIII.

Lineal gelegt, so dafs die einen Löthstellen auf der einen, die andern auf der entgegengesetzten Seite des Lineals sich befanden, und zwar in einer Entfernung von 4 Linien. Wurde diese Säule durch gesäuertes Wasser geschlossen und die eine Hälfte der Löthstellen durch eine Spirituslampe erhitzt, so wurde das Wasser zersetzt, und zwar stärker, wenn Kupferdrähte, als wenn Platindrähte in die Flüssigkeit tauchten; doch entwickelte sich bei Anwendung der ersteren nur an dem einen Drahte Gas (Wasserstoffgas), bei Anwendung der letzteren an beiden (Sauerstoffgas und Wasserstoffgas). 30 Paare Wismuth- und Antimonstäbe gaben keine so starke Wirkung, ohne Zweifel theils weil sie keine so starke Erhitzung zuliefsen, theils weil in ihnen ein gröfserer Leitungswiderstand statt fand. Verbindungen von Eisen- und Platindrähten sind leicht zu verfertigen und wenn auch nicht so empfindlich, wie Combinationen aus Wismuth und Antimon, doch zu Differentialthermometern nach NOBILI's Angabe sehr anwendbar. Schon 24 Paare Combinationen aus sehr dünnen, 1,5 Z. langen Drähten von Platin und Eisen geben ein sehr empfindliches Differentialthermometer ab, und es hat dieses den Vorzug vor denen aus Wismuth und Antimon, dafs dasselbe bei constanter Wärmequelle sehr bald eine constante Temperatur annimmt, d. h. die Magnetnadel sehr bald in eine stationäre Stellung bringt, und ebenso schnell nach Entfernung der Wärmequelle auf seine ursprüngliche Temperatur wieder zurückkommt, wonach die Magnetnadel auf 0 zurückkehrt.

Von physiologischen Wirkungen beobachteten FOURIER und OERSTED bei einer Combination von 13 Paaren Wismuth und Antimon eine Einwirkung auf das empfindlichste Galvanometer, nämlich auf ein Froschpräparat, ungefähr von der Stärke, wie ein einzelnes Paar heterogener Metalle von geringem Spannungsunterschiede sie ausübt, dagegen keine Einwirkung auf die Nerven der Zunge. So wenig ein Platindraht von 0,03, als ein Eisendraht von 0,03 Millim. Durchmesser wurden zum Glühen gebracht, während bei der Schliefsung der Säule durch diese Drähte die Wirkung auf die Boussole aufserordentlich geschwächt wurde, wobei es bemerkenswerth war, dafs eine einfache hydroelektrische Kette, welche diese beiden Drähte ins Glühen versetzte, durch den Verbindungsdraht eine viel schwächere Wirkung auf die

gnetnadel ausübte, wovon der Grund darin liegt, dafs der
ar an sich schwächere Strom der hydroelektrischen Kette
ch die feinen Metalldrähte dennoch verhältnifsmäfsig weit
niger geschwächt wurde, als der thermoelektrische Strom,
l eben dadurch sein Uebergewicht bekam.

Auf das Elektrometer sowohl für sich allein, als auch
Hülfe des Condensators, konnten FOURIER und OERSTED
ihrer Säule keine Wirkung hervorbringen, doch bemer-
sie, diese Versuche nicht oft genug und nicht mit hin-
glich vollkommenen Instrumenten angestellt zu haben.
ssern Erfolg in dieser Hinsicht hatte BECQUEREL[1], welcher
ch Hülfe des Condensators sogar durch ein homogenes Me-
l, durch Platin, deutliche Zeichen von Thermoelektricität
ielt. Man steckt einen Platindraht in eine Glasröhre, die
ihrem andern Ende an der Lampe zugeschmolzen ist, bringt
eine vordere Ende des Drahts mit der Collectorplatte ei-
s auf ein empfindliches Goldblattelektrometer geschraubten
ndensators in Verbindung, und zwar nach Zwischenbringung
ier feuchten Papierscheibe, um die elektromotorische Wir-
ng der beiden Metalle auf einander in der unmittelbaren
rührung zu beseitigen, erhitzt dann mittelst einer Alkohol-
mme den hintern zugeschmolzenen Theil der Röhre bis zum
thglühen. Man erhält in diesem Falle in der Regel keine
ichen von Elektricität. Wickelt man aber um jenes zuge-
molzene Ende einen Platindraht, dessen anderes Ende mit
m Erdboden communicirt, und verfährt man wie im ersten
lle, so nimmt der Platindraht im Innern der Röhre einen
mlich starken Ueberschufs von positiver Elektricität an.
rch besondere Versuche überzeugte sich BECQUEREL, dafs
s Glas bis zu 90° C., ja nur bis zu 80° C. erhitzt ein sehr
ter Leiter der Elektricität selbst von höchst schwacher Span-
ng wird. Er hat diese Versuche mit Platindrähten, noch auf
rschiedene Weise abgeändert, auch mit Gold- und Silber-
ähten angestellt, aus welchen allen hervorzugehn scheint,
fs bei vorhandener Ableitung und ungleicher Erwärmung die
sitive Elektricität sich in derjenigen Richtung bewegt und

---

1 Traité du Magnétisme T. II. p. 21. Vgl. auch FECHNER's Reper-
rium. Th. I. S. 487 — 489.

zur Ladung des Condensators wirkt, in welcher vorherrschend die Fortpflanzung der Wärme statt findet.

Hier verdient noch die Rotationsbewegung einer von einem thermoelektrischen Strome durchlaufenen oder in thermomagnetischer Thätigkeit befindlichen Kette um die Pole eines Magnets eine Erwähnung. Cumming zu Cambridge scheint den ersten Apparat dieser Art angegeben zu haben[1]. Ein sehr einfacher und sehr wirksamer Apparat dieser Art, den ich selbst besitze, ist folgender. Vier einfache Ketten aus Platin- und Silberdraht sind zu einem Ganzen mit einander verbunden. Jede einzelne Combination besteht (den Apparat in der Lage gezeichnet, in welcher er um seine verticale Axe rotirt) aus einem verticalen Platindrahte a b, welcher rechtwinklig oben und unten mit einem Silberdrahte a c, b d zusammengelöthet ist. Die vier oberen Silberdrähte bilden ein Kreuz, indem sie selbst nach derselben Richtung etwas bogenförmig gekrümmt sind, und an ihrem Kreuzpuncte befindet sich unterhalb eine feine Stahlspitze; die vier unteren auf gleiche Weise wie die oberen gebogenen, aber kürzeren Silberdrähte vereinigen sich in einen offenen Kreis. Durch diesen, der einen etwas gröſseren Durchmesser als der Magnetstab hat, wird der kleine Apparat auf den verticalen Magnet gesetzt, indem er mit der Spitze des obern Kreuzes in einer kleinen Grube in der Mitte des Magnetstabs frei sich bewegen kann. Indem man zwei solche Apparate auf die parallel neben einander in die Höhe stehenden Schenkel eines Hufeisenmagnets mit ihren Spitzen aufsetzt, zwischen dessen Schenkeln eine Weingeistlampe sich befindet, werden gleichzeitig zwei correspondirende untere Löthstellen beider Apparate erhitzt, und sie rotiren dann in entgegengesetzter Richtung um die beiden Magnetpole mit zunehmender Geschwindigkeit. Die zwei einander gegenüberstehenden Halbrahmen bilden dann gleichsam ein Ganzes mit einander, in welchem der (positive) elektrische Strom an der erwärmten Stelle vom Platin nach dem untern Silberdrahte, dem innern untern Kreise, nach dem gegenüberstehenden Silberdrahte, dem gegenüberstehenden Platindrahte aufwärts, durch den obern Silberdraht nach der Kreuzung und von dieser durch den entsprechenden Silberdraht

Fig. 65. Fig. 66. Fig. 67.

1 Schweigger's Journ. N. R. Th. X. S. 321.

h dem ersten Platindrahte zurückströmt. Was noch insbedere das Gesetz der Verstärkung des thermoelektrischen »mes durch eine Verbindung mehrerer Combinationen mit ınder betrifft, so haben FOURIER und OERSTED ihre Verhe auch auf die Ausmittelung desselben gerichtet. Hierbei ıb sich das Resultat, dafs durch eine solche Vervielfachung ı Paaren nichts gewonnen werde, wenn dieselben von der 'eränderten Längenausdehnung des einfachen Paars mit einer verbunden werden und die Längenausdehnung des Kreidaher in demselben Verhältnisse, wie die Zahl der Löthlen zunimmt, dafs aber diese Verstärkung verglichen mit einfachen Kette eintritt, wenn die Ausdehnung der Paare dem Verhältnisse verkürzt wird, in welchem die Zahl der»en wächst, so dafs immer die gleiche Längenausdehnung der fachen Kette erhalten wird. Doch haben ihre Angaben in ser Hinsicht nicht den Werth von ganz genauen Mafsen, die Grade ihrer Boussole nicht für Intensitäten elektrischer ime regulirt waren [1].

---

1 Es sey erlaubt, die hier gegebene Uebersicht der Thatsachen, in die Aeufserungen und die verschiedenen Arten des Verhaltens Thermomagnetismus dargestellt sind, um einen kleinen Beitrag zu mehren. Aus den Entdeckungen von SEEBECK und v. YELIN ging vor, dafs Drähte, welche mit zwei in ihrer Löthstelle erhitzten allen leitend verbunden sind, eine Magnetnadel auf gleiche Weise ›nken, als der Rheophor einer hydroelektrischen Kette. Wird die-Phänomen nur in seiner thatsächlichen Wesenheit, und ohne weiin die vielfachen Modificationen einzugehn, aufgefafst, was hier ständig genügt, so geht daraus die Folgerung hervor, dafs beide kungen einer und derselben Ursache beizumessen sind. Alsdie Wirȝen der Volta'schen Säule aufgefunden worden waren, liefs der Erfindieses wichtigen Apparates sich angelegen seyn, darzuthun, dafs die diese Weise erzeugte Elektricität mit der bis dahin allein bekanndurch Reibung hervorgerufenen, identisch sey, in welcher Beung die bekannten Versuche von PFAFF und VAN MARUM mit der sen Harlemer Maschine wichtig sind, und es ist seitdem durch die reichen und vielfach modificirten Versuche der Physiker als ausacht anzusehn, dafs, ungeachtet einiger nicht schwer zu erfasler Modificationen, die Reibungselektricität mit der sogenannten anischen identisch sey, weil alle Wirkungen der einen sich auch h die andere hervorrufen lassen. Die Thermoelektricität trat blofs iner einzigen Wirkungsäufserung der galvanischen auf, und zwar de in derjenigen, welche OERSTED erst verhältnifsmäfsig so spät efunden hatte, nämlich in der Kraft der Ablenkung einer Magnet-

III. Theorie.

Die Theorie des Thermomagnetismus ist noch mit [illegible] selben Dunkel umhüllt, welches auch jetzt noch nach [illegible]

---

nadel; es mufste daher bei ihr, ebenso wie später bei der [illegible] naday aufgefundenen Magnetoelektricität geschehen ist, die Frage [illegible] geworfen werden, ob diese Wirkung nicht etwa eine [illegible] von einer der eigentlichen Elektricität zwar ähnlichen, aber [illegible] völlig gleichen Kraft abzuleiten sey. Man konnte es [illegible] wahrscheinlich halten, dafs die genannte Wirkung der [illegible] tricität bei ihrer unverkennbaren Uebereinstimmung mit der [illegible] wiesen ganz eigentlich elektrischen Stromes im [illegible] letzteren nicht gleichen Kraft herrühren solle, allein damit [illegible] eigentliche Beweis immer noch nicht gegeben, welcher nur dann [illegible] ständig seyn kann, wenn nachgewiesen wird, dafs die [illegible] cität außer diesen Wirkungen auf die Magnetnadel auch [illegible] sche, chemische, mechanische und Lichterscheinungen zeigt, [illegible] welche die Anwesenheit der Reibungselektricität und der [illegible] galvanischen erkannt wird. Einen wichtigen Beitrag zu dieser [illegible] hung lieferten die angegebenen Versuche, wodurch die [illegible] schen Wirkungen der Thermoëlektricität [illegible] Froschschenkel bewiesen wurden; auch ist wohl nicht [illegible] dafs die stärkeren Ströme dieser Art auf der Zunge eine [illegible] erzeugen, obgleich hierüber noch keine andern Erfahrungen [illegible] sind, als die Angabe von Watkins in London und Edinb. [illegible] N. LXVII. p. 306., dafs er die Wirkungen einer [illegible] ten auf der Zunge wahrgenommen habe. Chemische Wirkungen [illegible] selben dürfen wohl nach den vorhandenen Erfahrungen [illegible] felt werden, stärkere mechanische Wirkungen aber, [illegible] nur mit Mühe wahrgenommen, sind schwerlich zu erwarten, [illegible] elektrischen Ströme in vollkommenen Leitern, sowohl die [illegible] tischen als auch die thermoelektrischen, nur eine geringe [illegible] haben. Es liegen daher nur noch die beiden Aufgaben [illegible] vor, zuerst ob der Leiter der Thermoelektricität das [illegible] wundene weiche Eisen in einen Magnet zu verwandeln [illegible] zweitens, ob ein Funke aus demselben zu erhalten sey. [illegible] ersten Probleme haben sich gewifs Mehrere beschäftigt, [illegible] zum Theil wenigstens, ungenügenden Resultate bekannt [illegible] Ich selbst wickelte einen Streifen Kupferblech, 9 Lin. breit [illegible] dick, mit seidenem Bande umwunden, um einen [illegible] bogenen Draht von weichem Eisen, dessen Gewicht [illegible] Pfund betrug, löthete zwischen die beiden Enden [illegible] 2 Lin. dick und 1,5 Z. lang, allein der Magnet [illegible] der einen Löthstelle durch eine Weingeistlampe [illegible] ren daher und zeigte überhaupt keine Anziehung [illegible]

ıtrengungen die Theorie der Erscheinungen des Galvanis-
ı, Elektromagnetismus und Magnetoelektricismus deckt.

---

r auf diese Weise Magnetismus im Eisen erzeugt werde, davon
rzeugte ich mich, als ich das Hufeisen mit seinen Schenkeln auf-
ıt stellte, die Mitte der Flächen mit salpetersaurem Quecksilber
lgamirte, die beiden umgebogenen Enden der 3 Fuſs langen Drähte
ıs Multiplicators von nur 30 Windungen mit ihren Spitzen darauf
lte und dann durch Erhitzung der einen Löthstelle eine Abwei-
ng der Doppelnadel von 10° wahrnahm. Einen ungleich besseren
olg erhielt Watkins. Nach seiner Angabe in London and Edinb.
l. Mag. N. LXVII. p. 306. erlangte ein Hufeisen von weichem Ei-
, dessen Dimensionen übrigens ebenso wenig, als die Beschaffen-
: der Umwindungen angegeben sind, durch eine thermoelektrische
terie von 30 vereinigten Paaren Wismuth und Antimon, deren Ele-
ıte 1,5 Quadratzoll Fläche bei $\frac{1}{4}$ Z. Dicke hielten, eine Tragkraft
98 Pfund, und er glaubt, daſs gröſsere Batterien noch stärkere
rkungen hervorbringen würden. Diesen Versuch wiederholte Alex-
ıer mit einem Hufeisen von weichem Eisen, dessen Schenkel 2 Z.
stand und 1 Z. Durchmesser hatten und welches mit 45 Windun-
ı 1 Lin. starken Kupferdrahtes umwunden war. Die thermomagne-
he Batterie desselben bestand aus 25 Elementen von Wismuth und
timon, jede Platte 1,5 Quadratzoll Fläche bei 1 Lin. Dicke haltend,
mit Zinn zusammengelöthet waren. Von den Polen dieser Säule
gen 1 Lin. starke Kupferdrähte in Näpfchen mit Quecksilber, in
lches zugleich die amalgamirten Spitzen des um das Hufeisen ge-
ndenen Drahtes gesenkt waren. Die Batterie wurde am einen Ende
ch Eis erkältet und am andern durch ein genähertes heiſses Eisen
ärmt, welches vortheilhafter als eine Weingeistlampe angewandt
d, weil die Wärme alle Elemente gleichzeitig und plötzlich afficirt.
Hufeisen trug seinen Anker; bei einer Abkühlung durch eine kalt-
chende Mischung von — 10° R. trug es sein halbes Gewicht, und
h mehr, als zur Abkühlung ein Gemenge aus 3 Th. Chlorcalcium
2 Th. Eis angewandt wurden. S. Poggendorff's Ann. XLII. 627.
hin gehört dann auch, daſs Antinori und Linari im Indicatore Sa-
e vom 13ten Dec. 1836. Nr. 50. behaupten, eine unmagnetische
hlnadel in einer Spirale durch den thermoelektrischen Strom merk-
ı magnetisch gemacht zu haben.

Das Vorkommen eines Funkens ist man gewohnt bei der Anwe-
heit der Elektricität zu erwarten, weil er sich bei der durch Rei-
ıg erzeugten so leicht zeigt, und man bemühte sich daher, ihn
h bei der Thermoelektricität wahrzunehmen. Daſs dieses nicht
n leicht seyn werde, konnte niemandem entgehn, da die Thermo-
ktricität nicht anders, als von geringer Spannung auftrat, sich nur
vollkommenen Leitern strömend zeigte und durchaus ähnlich der
vanischen, die bekanntlich nur durch Verbrennung der Metalle ei-

Wenn wir auch im Allgemeinen die Kraft, die hierbei thätig ist, und die Form, unter welcher sie wirkt, bestimmen können,

---

nen Funken giebt, welches allezeit eine bedeutende Menge verbundener Elektricität voraussetzt. Aus dieser Ursache waren die meisten Bemühungen, einen durch Thermoelektricität erzeugten Funken wahrzunehmen, vergeblich, so zahlreich dieselben auch diesem Probleme schon deswegen zugewandt wurden, weil Faraday sehr bald dahin gelangte, durch die von ihm entdeckte Magnetoelektricität einen sichtbaren Funken zu erzeugen. Antinori und gleich darauf auch Linari, nach Wiederholung von dessen Versuchen, machten zuerst bekannt, daſs es ihnen gelungen sey, Zersetzung des Wassers und Funken vermittelst des thermoelektrischen Stromes zu erhalten. S. L'Indicatore Sanese 1836. Dec. Nr. 50. Die hierbei angewandte Säule bestand aus 25 Elementen nach Nobili's Construction und der Strom durchlief eine Spirale von 505 Fuſs Länge, der Funke bei plötzlicher Trennung des Stromes war glänzend und selbst am Tage sichtbar, zeigte sich aber kleiner, wenn ein kürzerer Multiplicator angewandt wurde. Der Multiplicator war um ein Hufeisen aus weichem Eisen gewickelt, aus welchem dann zugleich ein vorübergehender Magnet gebildet seyn muſste, wodurch auf jeden Fall die elektrische Strömung verstärkt und die Entstehung des Funkens erleichtert wird. Eines ähnlichen Apparates, doch vermuthlich ohne Hufeisen, scheint sich auch Jos. Henry zu Princeton in America bedient zu haben, welchem es gleichfalls gelang, einen Funken zu erzeugen, indem er sich dazu eines Multiplicators aus flachen Kupferblechstreifen bediente, denen auch andere den Vorzug vor runden Drähten geben. S. Lond. and Edinb. Philos. Mag. N. LXVII. p. 305. Im Anfange des Jahres 1837 brachte Wheatstone die Erzeugung des Funkens leicht zu Stande, indem er eine Säule von 33 Elementen Wismuth und Antimon benutzte, die in ein Bündel von 0,75 Z. Durchmesser und 1,5 Z. Länge vereinigt waren. In Verbindung mit den Polen standen zwei dicke Kupferdrähte, die Enden eines spiralförmig gewundenen Kupferstreifens von 50 F. Länge und 1,5 Z. Breite, welcher durch braunes Papier und Seide isolirt war. Das eine Ende der Säule wurde durch ein in seine Nähe gebrachtes rothglühendes Eisen erhitzt, das andere durch Eis kalt erhalten, der eine von den Drähten aber, welche die Verbindung zwischen den Polen und dem Multiplicator gaben, war in zwei Theile getrennt, deren umgebogene Enden in ein kleines Gefäſs mit Quecksilber tauchten, worauf dann der Funke sich zeigte, sobald man die eine Spitze schnell aus dem Quecksilber zog. Diese Versuche wurden damals sehr bekannt in England, dort sah sie auch de la Rive bei seiner Anwesenheit daselbst. S. London and Edinburgh Phil. Mag. N. LXII. p. 414. Watkins verfolgte die Aufgabe noch weiter, bediente sich des von Antinori angewandten umwundenen Hufeisens, womit er selbst vermittelst eines Kupferdrahtes von 7 F. Länge an

ist doch das besondere Verhalten der verschiedenen Kör-
: in dieser Hinsicht noch ganz räthselhaft, d. h. es ist uns

Zoll Dicke noch einen schwachen Funken erhielt, welcher aber je-
zeit ausblieb, wenn der Draht, statt um weiches Eisen, um andere
alle, Holz u. s. w. gewunden war. Dafs das Umwinden des Mul-
icatordrahtes um einen solchen temporären Magnet das Gelingen
Versuches erleichterte, ergab sich unzweifelhaft, zugleich aber
te sich ein Henry'scher Multiplicator aus Kupferstreifen ungleich
samer und gab einen starken Funken auch ohne umwundenes Ei-
Es wurden hierbei thermomagnetische Säulen von verschiedenen
allen und ungleichen Gröfsenverhältnissen angewandt, wobei sich
ıb, dafs die Menge der erzeugten Elektricität mit der Masse zu-
mt, auch bediente sich WATKINS mehrerer Vorrichtungen, um die
erbrechung des Stromes in schnellen Wechseln folgen zu lassen;
Allgemeinen war aber der Funke am lebhaftesten, wenn die amal-
irte Spitze des Leitungsdrahtes aus dem Quecksilber mit blanker
rfläche gezogen wurde. S. Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. LXVII.
04. Um dieselbe Zeit gelang die Erzeugung des Funkens mit ei-
ähnlichen Apparate auch den Berliner Physikern, wie mir POG-
DORFF mündlich mittheilte. Der Apparat, womit MAGNUS diesen
such anstellte, bestand aus 8 Paaren zusammengelötheter Paral-
pipeden von Antimon und Wismuth, deren untere Löthstellen durch
oder nur durch kaltes Wasser erkaltet, die oberen aber durch ein
iherte heifses Eisen erwärmt wurden. Die beiden Pole der Säule
en durch starke Kupferdrähte mit zwei Quecksilbernäpfchen in lei-
le Verbindung gesetzt, in welche letztere zwei andere Kupfer-
te tauchten, die zu dem Multiplicator führten, welcher aus einem
s durch Papier isolirten, spiralförmig aufgewundenen Kupferstrei-
von 80 Fufs Länge bestand. Vermittelst einer Spirale aus Ku-
draht konnte auch MAGNUS keinen Funken erhalten, welcher jedoch
der beschriebenen Vorrichtung unter hörbarem Geräusche zum
chein kam, wenn der eine Kupferdraht des Multiplicators aus
Quecksilber in die Höhe gehoben wurde. Neuerdings hat ALEX-
A die Vorrichtung, die ihm zur Erzeugung des thermoelektri-
n Funkens diente, in Poggendorff's Ann. XLII. 626. ausführlich
rieben. Die von ihm angewandte Säule war eine solche, deren
NOBILI und MELLONI zu ihren thermometrischen Versuchen be-
en, wobei jedoch die Anzahl der Elemente nicht angegeben
der gebrauchte Multiplicator aber bestand aus einem nach HENRY's
ode construirten. Der dazu verwandte Kupferstreifen hatte 80 F.
e, 1,5 Z. Breite, war mit Papier überzogen und wog 9,5 Pfund,
lem er nach Art einer Aderlafsbinde zu einer flachen Spirale auf-
nden war. Von den Polen der durch Eis erkälteten und am an-
Ende durch eine Weingeistflamme erhitzten Säule gingen Drähte
e beiden Abtheilungen eines hölzernen Näpfchens mit einer Schei-
nd, worin sich Quecksilber befand, in welches dann zugleich die

bis jetzt unmöglich, den Zusammenhang ihres Verhalten [illegible]
diesem Gebiete von Erscheinungen mit irgend einer ihrer [illegible]
stigen Eigenschaften nachzuweisen. Dann begegnet uns [illegible]
hier wieder, wie in der Gruppe der den Erscheinungen [illegible]
Thermomagnetismus am nächsten verwandten Erscheinungen [illegible]
die grofse noch unentschiedene Streitfrage über die Art [illegible]
Abhängigkeit des Magnetismus von der Elektricität, doch [illegible]
ben wir durch die grofse Masse von Versuchen wenigstens [illegible]
Vortheil gewonnen, dafs wir die Identität dieser Erschei[illegible]
gen mit andern schon früher bekannten und ihren Gese[illegible]
nach genau bestimmten Erscheinungen streng nachweisen [illegible]
nen, und es wird daher nur darauf ankommen, die schein[illegible]
Verschiedenheit derselben als eine durch die Umstände [illegible]
jenen Gesetzen gemäfs nothwendig gegebene Modification [illegible]
lich zu machen. Alle Physiker sind nämlich jetzt darin [illegible]
verstanden, als Ursache der bisher betrachteten Erscheinungen [illegible]
elektrische Ströme anzunehmen, deren nächste erregende [illegible]

Enden des Multiplicators getaucht waren. Der Funke kam leichter [illegible]
stärker zum Vorschein, wenn die Spitzen der eingetauchten [illegible]
des Multiplicators etwas durch salpetersaures Quecksilber [illegible]
waren. Alexander giebt auch an, dafs ihm die Zerlegung des [illegible]
sers, dem er einige Tropfen Schwefelsäure zugegossen hatte, [illegible]
den thermoelektrischen Strom unter Anwendung eines [illegible]
Wasserzersetzungsapparates vollkommen gelungen sey. Beilä[illegible]
wohl nicht überflüssig, die Beschreibung der Säulen, [illegible]
ren Botto die Zersetzung des Wassers zuerst bewirkte, nach [illegible]
gabe in der Bibl. univ. 1832. Sept. hier mitzutheilen. Die [illegible]
stand aus 120 Paaren vereinter Drähte von Platin und weichem [illegible]
von 1 Z. Länge und 0,01 Z. Durchmesser. Diese Kette war [illegible]
hölzernen, 18 Z. langen Stab so gewickelt, dafs die Verbin[illegible]
stellen der Länge nach an der einen, die entgegengesetzten [illegible]
gegenüberliegenden hinliefen und 4 Lin. vom Holze abstanden. [illegible]
diese Weise konnten die sämmtlichen Löthstellen der einen [illegible]
durch eine Weingeistlampe von der erforderlichen Länge sehr [illegible]
erhitzt werden, während die der entgegengesetzten in niedriger [illegible]
peratur erhalten wurden, und mit Anwendung eines sogenannten [illegible]
bili'schen Galvanometers kam dann der Funke zum Vorschein. [illegible]
stärkere Wirkung zeigte aber eine thermoelektrische Säule von [illegible]
muth und Spiefsglanz, aus 140 vereinten Elementen, die ein [illegible]
lelepipedon bildeten, dessen Fläche ein Quadrat von zwei Zoll [illegible]
Lin. bildete, bei einer Höhe von einem Zoll.

M.

he eine Störung des Gleichgewichts der Wärme ist. Die fgabe wird also seyn:

1) Die Gründe für die Richtigkeit dieser Annahme kurz ımmenzustellen,

2) einige scheinbare Verschiedenheiten zwischen den hyelektrischen und thermoelektrischen Strömen als blofse, durch besondern Umstände selbst nothwendig herbeigeführte Mo:ationen darzustellen,

3) die eigentliche Quelle dieser besondern Ströme aufzuen, und also namentlich die Wirkungsart der Wärme hierbei dem Wesen derselben wo möglich deutlich zu machen r doch wenigstens auf einfache Gesetze zurückzuführen.

I. Alle Erscheinungen der thermomagnetischen Kette sind die genügendste und einfachste Weise verständlich, wenn ı auch hier ganz gleiche elektrische Ströme annimmt, wie in der hydroelektrischen Kette unzweifelhaft vorhanden .

a) Der Magnetismus der thermomagnetischen Kette stimmt eder Hinsicht mit dem Magnetismus des Verbindungsdrahder hydroelektrischen Kette überein, wie dieser ist er ein *cular-Magnetismus*, und die Ampère'sche Theorie giebt auf che Weise genügende Rechenschaft von allen Wirkungen, che thermomagnetisch thätige Körper, sey es in geschlosın oder ungeschlossenen, einfachen oder zusammengesetz-Ketten, auf die Declinations- und Inclinationsnadel ausı, und diese Theorie orientirt am leichtesten über alle diese :heinungen, sobald man elektrische Ströme annimmt, die :h die Form und auch durch das innere Gefüge der metalıen Leiter, in welchen sie auftreten, bestimmt werden. thermomagnetische Reihe wird am verständlichsten, und n man hierbei die Analogie mit der galvanischen Spangsreihe zu Hülfe nimmt, nach welcher die thermoelektri- Spannung oder Thätigkeit in dem Verhältnisse intensiver in welchem die Körper in dieser Reihe weiter auseinanstehn, aber auch zugleich mit der Temperaturdifferenz igstens für jede Combination bis zu einem gewissen Maım wächst, so findet auch hier jene Fundamentalgleichung die Bestimmung der Intensität der elektrischen Ströme der roelektrischen Kette und der davon abhängigen Wirkun-

gen $K = \frac{A}{L}$ ihre unbedingte Anwendung, und die Bestä[illegible]
ihrer Richtigkeit ist ein neues Argument für die Hyp[illegible]
von elektrischen Strömen als Ursache der thermomagneti[illegible]
Erscheinungen. Das dem ersten Anscheine nach räthsel[illegible]
Phänomen, dafs durch Vervielfältigung der Combinati[illegible]
die Wirkung nicht stärker ausfällt, als in der einfachen [illegible]
wenn die einzelnen Elemente der Säule eine gleiche Ausd[illegible]
nung wie diese haben, ist nun auch vollkommen verständ[illegible]
und eine nothwendige Folgerung aus der Theorie. Da [illegible]
lich mit jedem Elemente auch der Leitungswiderstand in g[illegible]
chem Mafse zunimmt, indem der elektrische Strom seinen [illegible]
durch die ganze Kette zu nehmen gezwungen ist, so [illegible]
der Quotient $\frac{A}{L}$ und eben damit auch K unverändert, [illegible]
ebenso, wie der Werth von A in gleichem Verhältnisse [illegible]
der Zahl der Elemente gröfser wird, in ganz gleichem Verhält[illegible]
nisse auch der Werth von L wächst, weil nämlich, [illegible]
bekannt, der Leitungswiderstand der Längenausdehnung pro-
portional ist. Ganz anders verhält sich aber die Sache, [illegible]
in demselben Verhältnisse, in welchem mehr Elemente [illegible]
Säule mit einander verbunden werden, die einzelnen Elem[illegible]
immer mehr verkürzt sind, so dafs die Längenausdehnung
der Säule stets gleich bleibt der Längenausdehnung des ei[illegible]
zelnen Elements. In diesem Falle müfste die Intensität [illegible]
Wirkung immer gleich seyn der Zahl der Elemente und [illegible]
diese wachsen, wenn der Leitungswiderstand blofs von der
Längenausdehnung der Kette abhinge, denn da unter der [illegible]
genommenen Voraussetzung L unverändert bliebe, A [illegible]
in geradem Verhältnisse mit der Zahl der Elemente [illegible]
so müfste der Quotient $\frac{A}{L}$ und damit sein Werth K, die [illegible]
tensität des elektrischen Stromes, der Zahl der Elemente pro-
portional seyn. Dafs jedoch dieses nicht genau der Fall [illegible]
dafs die Intensität der Wirkung hinter der Zunahme der [illegible]
der Elemente zurückbleibt, rührt vorzüglich davon her, [illegible]
der Leitungswiderstand immer gröfser ist beim Uebergange [illegible]
einem Metalle zum andern, als wenn der Strom in demselben
Metalle sich fortbewegt. Da nun mit der Zahl der Elemente
die Zahl der Uebergänge zunimmt, so ist der Leitungswi[illegible]

ld, ungeachtet die Längenausdehnung dieselbe geblieben, h gröfser geworden und also der Quotient $\frac{A}{L}$ nicht genau dem Verhältnisse der Zunahme von A in seinem Werthe tiegen.

Wie sich alle Einwirkungen auf die Declinations- und linationsnadel aus der Annahme von elektrischen Strömen, sich, bei Zugrundlegung der thermomagnetischen Reihe, esmal in der relativ erwärmten Löthstelle von dem negatin nach dem positiven Metalle bewegen und in ihrer Fortwegung und ihrem Kreisen durch die Ausdehnung der Mele selbst regulirt werden, genügend erklären lassen, in weler Hinsicht schon unter der Rubrik der Thatsachen die nöigen Andeutungen sich finden, so stimmen auch die Rotansbewegungen jener aus Platin- und Silberdraht zusammengesetzten Apparate um die Pole eines Magnetstabes vollkomen mit dieser Annahme überein, indem diese um die ungleichnamigen Pole in entgegengesetzter Richtung statt findenn Rotationen gerade so erfolgen, wie sie auch statt finden, enn unzweifelhafte elektrische Ströme der hydroelektrischen ette in derselben Richtung durchgeleitet werden, wie sie nserer Hypothese gemäfs an der erwärmten Stelle vom Plan in das Silber und an der kalten vom Silber in das Platin vergehn und durch den kleinen Apparat circuliren.

b) Wird die aufgestellte Theorie schon dadurch höchst ahrscheinlich, dafs sich alle eigentlich-magnetische Verhältsse der thermomagnetischen Kette dadurch auf eine genünde Weise erklären lassen, so wird sie zur vollkommenen ewifsheit dadurch erhoben, dafs noch anderweitige Erscheingen hier vorkommen, die das elektrische Gepräge unmitbar an sich tragen und von keiner andern Ursache, als eben lchen elektrischen Strömen abgeleitet werden können. Dan gehören die Wirkungen auf Froschpräparate und die pochemischen Wirkungen, die ganz nach demselben Gesetze d in demselben Sinne erfolgen, wie von unzweifelhaften ektrischen Strömen der hydroelektrischen Kette, die diebe Richtung haben, wie sie nach der Hypothese in der anwandten thermoelektrischen Säule haben müfsten. Die elekische Ladung des Condensators in Becquerel's Versuchen mt endlich auch noch zur Stütze, wenn gleich hier der voll-

ständige Beweis noch fehlt, nämlich die Ertheilung einer merklichen elektrischen bald positiven, bald negativen Spannung mit Hülfe des Condensators, in dem Verhältnisse, in welchem man eine Säule von mehreren Elementen anwendet, deren eines Ende ableitend berührt worden ist.

II. Die auffallende Abweichung des Verhaltens der thermoelektrischen Kette von der hydroelektrischen in mehreren Puncten scheint dem ersten Anblicke nach einen erheblichen Einwurf gegen die Richtigkeit unserer Hypothese abzugeben. Diese Abweichung besteht vorzüglich in der so äußerst schwachen chemischen Wirkung der thermoelektrischen Kette und Säule, während dieselbe doch eine sehr starke magnetische Thätigkeit ausübt, und in dem ganz verschiedenen Verhalten des Multiplicators gegen die thermoelektrische Kette, wie gegen die hydroelektrische. Allein diese Verschiedenheit erklärt sich genügend, wenn man annimmt, daſs die Intensität des thermoelektrischen Stromes viel geringer ist, als die des hydroelektrischen Stromes, oder richtiger, daſs die Kraft, welche die Elektricität in der thermoelektrischen Kette in Bewegung setzt, viel schwächer ist, als die in der hydroelektrischen Kette thätige Kraft, und daſs der durch einen Multiplicator von vielen Windungen und sehr dünnem Drahte oder durch eine Flüssigkeit, welche chemisch zersetzt werden soll, in die Kette neu eingebrachte leitende Körper einen viel grösseren Leitungswiderstand in der thermoelektrischen Kette erzeugt, als in der hydroelektrischen Kette. In letzterer befindet sich nämlich schon der bedeutende Leitungswiderstand des flüssigen Leiters und des zweifachen Ueberganges von dem flüssigen Leiter zum Metalle und von diesem zu jenem. Wenn daher zu dem L des Quotienten $\frac{A}{L}$, welcher selbst schon einen sehr hohen Werth hat, der Leitungswiderstand auch eines sehr ausgedehnten Multiplicatordrahtes hinzukommt, so nimmt doch das L nicht bedeutend an Gröſse zu, der Quotient wird also nur wenig kleiner und die Intensität des elektrischen Stromes nimmt nicht bedeutend ab, so daſs also die Multiplication der Wirkung durch die auch weit getriebene Anzahl der Windungen immer noch ein bedeutendes Uebergewicht der Wirkung hervorbringt, indem die grosse Kraft der hydroelektrischen Kette durch den langen Draht

inen fast ebenso intensiven Strom hindurchtreibt, wie durch inen Draht, der nur die Länge einer einfachen Windung hätte. uf gleiche Weise kann auch beim Durchgange durch eine chicht Flüssigkeit der elektrische Strom seine Intensität noch erklich behaupten, um diese zu zersetzen, und ebenso beim)urchgange durch einen dünnen Metalldraht, der dadurch erärmt und wohl gar bis zum Glühen gebracht wird.

Ganz anders verhält sich die Sache in der thermoelektrihen Kette. Hier findet die Leitung blofs in Metallen statt, er Werth von L im Quotienten $\frac{A}{L}$ ist ein sehr geringer, beonders wenn, wie gewöhnlich, kurze Metallstäbe von beächtlicher Dicke angewandt werden. Nimmt man aber einen Iultiplicator von vielen Windungen und von dünnem Drahte nf, so nimmt das L wohl um das Hundertfache bis Tausendiche im Verhältnisse der Länge und Dünnheit des Drahtes u, und in gleichem Verhältnisse sinkt der Werth des Quoenten $\frac{A}{L}$, welcher das Mafs der Intensität des Stromes ist.)HM[1] folgert sogar aus der allgemeinen Theorie des Multiplitors, dafs die Wirkung der thermoelektrischen Kette vielehr in allen Fällen durch die Verbindung mit demselben gehwächt werden müsse; da nicht leicht der Fall eintreten erde, wo eine Windung des Multiplicators weniger Widerand darbiete, als die thermoelektrische Kette selbst, welches och die unerläfsliche Bedingung zur Verstärkung der Einirkung des Stromes auf die Magnetnadel sey. Dieser Behaupng widersprechen jedoch die oben angeführten Erfahrungen, enn gleich auch daraus die Nothwendigkeit erhellt, für theroelektrische Ketten zur Verstärkung der Wirkung Multiplicaren mit wenigen Windungen und aus dickerem Drahte anwenden. Jene Schwächung der Intensität des Stromes mufs einem noch höheren Grade eintreten, wenn die Kette durch ne Flüssigkeit unterbrochen wird, die auch bei einer viel ringeren Ausdehnung doch einen viele tausend Male gröfseren itungswiderstand entgegensetzt, als ein Multiplicator von ner tausendfach gröfseren Längenausdehnung; daher das Sinn der Intensität auf 0 und eine gleichsam vollkommene

1 Schweigger's Journ. N. R. Th. XVI. S. 165.

Isolation, welche eine auch nur höchst dünne Schicht ein Flüssigkeit in die Kette bringt. Nur durch eine sehr merkliche Vergrößerung des A in dem Quotienten $\frac{A}{L}$, indem man eine große Anzahl von Elementen mit einander verbindet, während das L derselben (der Leitungswiderstand) unverändert bleibt, kann man jenem neu hinzukommenden L entgegenwirken und den Quotienten auf einem Werthe erhalten, daß die durch ihn repräsentirte Intensität im Stande ist, den Widerstand der Flüssigkeit zu überwinden und sie zu zersetzen. Daher zeigte auch nur erst eine Verbindung von 120 Paaren Platin und Eisen in Botto's Versuchen die ersten Spuren einer chemischen Zersetzung. Auch durch den im Vergleich mit dem Leitungswiderstande in der thermoelektrischen Kette selbst, wie sie namentlich in Fourier's und Oersted's Versuchen construirt war, immer noch sehr beträchtlichen Leitungswiderstand eines sehr dünnen Drahtes, namentlich von Platin, muß die Intensität des Stromes so vermindert werden, daß derselbe keine merkliche Erhitzung erfährt. Dieser Ansicht gemäß können wir Fourier und Oersted nicht ganz beipflichten, wenn sie behaupten, daß jene Verschiedenheit der thermoelektrischen und hydroelektrischen Kette, nach welcher jene eine starke Wirkung auf die Magnetnadel zeigt, aber keine Zersetzung bewirkt, während letztere stark chemisch, aber nur schwach magnetisch wirkt, davon abhängt, daß in der thermoelektrischen Kette zwar eine sehr große Menge von Elektricität, aber mit schwacher Intensität thätig sey. Sie drücken sich in dieser Hinsicht auch noch folgendermaßen aus. „So zeigt also die beträchtliche, von dem thermoelektrischen Strome hervorgebrachte Ablenkung der Magnetnadel die große Menge der darin enthaltenen Kraft an. „Was die Intensität betrifft, so ist es allgemein anerkannt, daß „ein elektrischer Strom desto leichter durch Leiter hindurchgeht, je größer die Intensität desselben ist. Der hydroelektrische Strom, welcher weit leichter als der thermoelektrische „den Draht des Multiplicators durchläuft, muß also eine weit „größere Intensität haben. Die weit größere Menge von Kraft, „welche man in dem thermomagnetischen Strome annehmen „muß, wird kein Einwurf gegen diese Behauptung seyn, denn „es leuchtet ein, wenn ein Strom A, dessen Intensität gleich

„der eines andern Stromes B ist, während seine Menge weit „beträchtlicher ist, einem Leiter zugeführt wird, welcher nur „hinreicht, die Menge B durchzulassen, daſs dieser Leiter auch „fähig seyn muſs, von dem Strome A einen dem Strome B „gleichen Theil durchzulassen, und nehmen wir an, daſs A „noch eine gröſsere Intensität als B hat, so wird dessen Durch„gang noch gröſser seyn.“ Nach dieser Darstellungsweise sollte man glauben, daſs Intensität und Quantität zwei von einander unabhängige Gröſsen seyen und letztere in einem Leiter zunehmen könne, ohne daſs zugleich erstere wächst. Allein wenn von freier Elektricität, wie hier, die Rede ist, so muſs man stets die eine als durch die andere bestimmt annehmen. So wie die Quantität wächst, nimmt auch die Intensität zu, und eine gröſsere Intensität ist gleichbedeutend mit gröſserer Dichtigkeit, also auch mit gröſserer Quantität. In den Erscheinungen, von welchen hier die Rede ist, kommt aber nur die Quantität der in einer gegebenen gleichen Zeit in einem Systeme circulirenden oder in Bewegung befindlichen Elektricität in Betracht. In einer thermomagnetischen Kette, in welcher der Leitungswiderstand bei der geringen Längenausdehnung der Glieder, ihrem bedeutenden Querschnitte und ihrer metallischen Natur als beinahe verschwindend angenommen werden kann, wird trotz der geringen Energie der hier thätigen Kraft doch in einer gegebenen sehr kurzen Zeit sehr viel Elektricität in Bewegung gesetzt und die Totalwirkung kann also eine beträchtliche Ablenkung der Magnetnadel seyn. Wird aber durch einen Multiplicator von mehrern Windungen oder durch eine Schicht Flüssigkeit ein beträchtlicher Leitungswiderstand in die Kette gebracht, so ist jene Kraft nicht mehr im Stande, diesen Widerstand zu überwinden, und das Quantum der in Circulation gesetzten Elektricität sinkt gleichsam auf 0 herunter. In der hydroelektrischen Kette, auch nur von einem Plattenpaare von geringer Oberfläche, setzt die weit stärker wirkende elektromotorische Kraft eine viel gröſsere Quantität von Elektricität in Bewegung und kann eben wegen ihrer gröſseren Energie auch bei dem neu hinzukommenden Leitungswiderstande noch eine beträchtliche Menge in Circulation erhalten. Ein gleich dicker Leitungsdraht, welcher die hydroelektrische Kette schlieſst, wirkt daher auch stärker auf eine Magnetnadel, als derselbe Draht, wenn er die beiden Metalle einer thermoelektrischen

Kette verbindet. Wir haben in dieser Hinsicht vergleichende Versuche über die Einwirkung eines ganz gleichen Kupferdrahtes, welchen eine thermomagnetische Kette und eine hydroelektrische Kette schlofs, auf eine Magnetnadel angestellt. Erstere bestand aus einer Stange Wismuth und Antimon, 4 Z. lang und ¼ Z. im Durchmesser, welche an dem einen Ende zusammengelöthet waren und am andern Ende 4 Zoll auseinanderstanden, wo der mit ihnen zusammengelöthete Kupferdraht von einer Linie im Durchmesser das Dreieck schlofs. Als die Löthstelle durch eine Weingeistlampe bis beinahe zum Schmelzen erhitzt wurde, erfolgte eine Abweichung der Magnetnadel, mit deren Axe parallel der Kupferdraht in einer Entfernung von ¼ Zoll sich befand, von 30°. Ein ganz gleicher Kupferdraht, welcher ein Plattenpaar von Kupfer und Zink von etwa einem Quadratzoll schlofs, das in destillirtes Wasser, welches mit 5 Proc. Schwefelsäure und 2 Proc. Salpetersäure geschärft war, getaucht wurde und dessen Platten ¼ Zoll von einander abstanden, brachte eine Ablenkung von 35—40° in derselben Magnetnadel hervor. Das Uebergewicht des letzteren Stromes und die Menge der in gleicher Zeit wirksamen Elektricität unter diesen allerdings günstigen Leitungsbedingungen ist daher aufser Zweifel gesetzt.

Jene thermoelektrische Kette, welche mit dem kurzen Kupferdrahte ganz nahe über die Magnetnadel gebracht eine Ablenkung von 30° gegeben hatte, brachte nur eine Ablenkung ebendieser Nadel von 15° hervor, als die Enden der Antimon- und Wismuthstange mit den Enden eines Multiplicators von 16 Windungen eines übersilberten Kupferdrahtes von ⅓ Lin. Durchmesser, innerhalb dessen sich die Nadel befand, in Verbindung gesetzt und die Löthstelle beider Metalle bis nahe zum Schmelzen erhitzt wurde.

III. Was die dritte Hauptfrage, welche die Theorie zu beantworten hat, betrifft, nämlich die Entstehungsart der Elektricität in der thermomagnetischen Kette und insbesondere die Wirkungsart der Wärme hierbei, so kann als durch Versuche hinlänglich ermittelt angesehn werden, dafs die Wärme allein das einzige unmittelbare und zureichende Erregungsmittel des elektrischen Stromes, von dem Berührungspuncte der Metalle aus, sey und dafs hierbei keine chemische Wirkung irgend einer Art, etwa der Feuchtigkeit, der Luft oder der Metalle

auf einander statt finde. Becquerel[1] befestigte luftdicht in die zwei Seitenöffnungen einer Glocke zwei Haken von Platin, die mit ihren einwärts befindlichen Enden mit den freien Enden eines Kupfer- und Eisendrahts, so wie diese mit ihren beiden andern Enden unter sich zusammengelöthet waren. Die äufsern Enden der Platindrähte hingen mit den Enden des Multiplicators zusammen. Die Glocke ward ausgepumpt, mit trockenem Wasserstoffgas gefüllt und die Löthstelle des Kupfers und Eisens durch die von einem Brennglase concentrirten Sonnenstrahlen erhitzt. Der elektrische Strom, welchen die Ablenkung der Magnetnadel anzeigte, fand ganz auf dieselbe Weise, wie in atmosphärischer Luft bei Erwärmung durch eine Weingeistflamme statt. Auch Seebeck erhielt mit einer Wismuthantimonkette ganz gleiche Resultate in höchst verdünnter Luft, wie in gewöhnlicher atmosphärischer. Würde in der Löthstelle durch die Erwärmung eine chemische Wirkung der Metalle auf einander eingeleitet, so könnten die Ketten, wenn sie auf die vorige Temperatur zurückgekommen sind, bei Wiederholung der Versuche nicht denselben Strom wieder erzeugen, auch könnte, wenn durch künstliche Erkältung der einen Löthstelle dieselbe Temperaturdifferenz, wie durch künstliche Erwärmung erzeugt worden ist, kein elektrischer Strom zum Vorschein kommen, wovon doch die Erfahrung das Gegentheil zeigt.

Temperaturdifferenz oder das Uebergewicht der Thätigkeit der Fortpflanzung in der einen wie in der andern Richtung durch relativ vollkommene Leiter der Elektricität und der Wärme ist die einzige in allen Fällen wiederkehrende Bedingung für den Erfolg, und zwar ist die Wärme hierbei thätig, ohne Rücksicht auf die Quelle, aus welcher sie entsprungen ist, blofs nach ihrem thermometrischen Grade, wie denn namentlich Seebeck von den verschiedenen farbigen Strahlen nachgewiesen hat, dafs sie nur in dem Verhältnisse eine stärkere Wirkung hervorbringen, in welchem sie auch auf das Thermometer stärker wirken.

Was nun die Wirkungsart der Wärme hierbei betrifft, so könnte sich im ersten Augenblicke die Erklärung darbieten, dafs es dieselbe elektromotorische Kraft der Metalle ist, welche

1 Traité etc. Tome II. p. 48.

in der hydroelektrischen Kette, nach VOLTA's Theorie, den elektrischen Strom bestimmt, die auch hier thätig sey. Diese Erklärung wäre aber nur unter der Voraussetzung zulässig, daß durch Temperaturverschiedenheit, und zwar durch eine so höchst geringe, das Gesetz der Spannung sich für die verschiedenen Metalle verändere, daſs das nach diesem Gesetze in der gewöhnlichen Temperatur statt findende Gleichgewicht der elektrischen Thätigkeit in den Berührungsstellen der Metalle aufgehoben und dadurch ein elektrischer Strom bewirkt werde. Denke man sich z. B. eine Kette aus Eisen und Kupfer, in deren beiden Berührungspuncten sich die elektromotorischen Kräfte das Gleichgewicht halten, welche also ein statisches System bilden, in welchem statt eines positiven Stromes in der Richtung vom Kupfer nach dem Eisen in dem Berührungspuncte a, weil ihm von dem Berührungspuncte b ein gleicher in entgegengesetzter Richtung entgegenwirkt, nur ruhende Spannungen auftreten, die als solche ohne magnetische Thätigkeit sind. Wird dann die eine Löthstelle, z. B. a, erwärmt, während die andere auf ihrer vorigen Temperatur bleibt, so würde ein elektrischer Strom in der Richtung, in welcher er in der That in dieser thermoelektrischen Kette statt findet, eintreten, wenn durch die Erhöhung der Temperatur der Spannungsunterschied zwischen Kupfer und Eisen erhöht, das Eisen relativ mehr positiv, das Kupfer relativ mehr negativ und die Kraft gesteigert würde, mit welcher das Kupfer das Bestreben äuſsert, die positive Elektricität nach dem Eisen zu treiben, und zwar würde die Stärke dieses Stromes von der Gröſse des Unterschiedes der Spannungen in den beiden Berührungsstellen abhängen. Dieser Strom würde auch zunehmen mit der erhöhten Erwärmung der Löthstelle a, sofern die Zunahme der elektromotorischen Kraft und die davon abhängige Steigerung des Spannungsunterschiedes damit gleichen Schritt hielte. Auf mehrere Metallcombinationen würde allerdings die Erklärung anwendbar seyn, namentlich auf die Combinationen von Platin, Palladium, Silber, Gold, Kupfer, Eisen und Zink. Allein sie lieſse sich nur vollständig rechtfertigen, wenn die galvanische Spannungsreihe mit der thermoelektrischen übereinstimmte. Bei der Vergleichung beider zeigen sich aber die auffallendsten Abweichungen. Diese Uebereinstimmung, nur mit Umkehrung der Zeichen + und —,

Fig. 68.

ie auch erforderlich, wenn man die entgegengesetzte Annahme aufstellen wollte, dafs nämlich vielmehr die elektromotorische Thätigkeit sich in der erwärmten Stelle in die entgegengesetzte verwandle. Diese Veränderung der elektromotorischen Thätigkeit der Metalle durch die Erwärmung oder des Spannungsunterschiedes, dem Grade und selbst der Art nach, müfste sich überdiefs durch Hülfe des Condensators nachweisen lassen. Die Resultate der directen Versuche, welche in dieser Hinsicht von Seebeck angestellt worden sind, schneiden aber jede Möglichkeit ab, die thermomagnetischen Erscheinungen durch eine Umwandlung der an der galvanischen Kette thätigen elektromotorischen Kraft durch die Wärme zu erklären. Er will nämlich gefunden haben, dafs jedes Metall bis zu einem hohen Grade erwärmt negativ elektrisch sich verhält, während das kalt gebliebene Metall positive Spannung zeigt, welche Stelle auch sonst die Metalle in der galvanischen Spannungsreihe einnehmen und wie weit sie von einander abstehn mögen, wie z. B. Zink und Kupfer. Seebeck bemerkt bei dieser Gelegenheit: „Auf die magnetische Polarisation zweier Metalle hat es aber keinen Einflufs, ob das an einem Ende allein erwärmte Metall mit dem andern dasselbe berührenden kalten Metalle + el. oder — el. wird; die magnetische Polarisation der geschlossenen Kette bleibt nach Umkehrung der elektrischen Polarisation dieselbe, welche sie vor derselben war; auch ist es ganz gleichgültig, ob die beiden bei diesem Versuche mit einander verbundenen Metalle zu der Kette der ersten Art (bogenförmig) oder der zweiten Art (parallel mit einander verbunden) gehören.“ Schon der eine Versuch, dafs das Zink an einer erwärmten Löthstelle sich mit dem Antimon als stark negatives, mit dem Wismuth als stark positives Metall verhält, gegen welche sein Verhalten nach der galvanischen Spannungsreihe ungefähr das gleiche positive ist, beseitigt jede Erklärung durch Umänderung des elektromotorischen Verhaltens in Folge der Erwärmung.

Die Wärme als solche, und besonders die Art ihrer Fortpflanzung, mufs daher vorzüglich in Betracht gezogen werden, wenn man eine Theorie der thermomagnetischen Erscheinungen aufstellen will. Dieser Gesichtspunct ist auch von zwei Phy-

sikern aufgefaſst worden, von Becquerel und von Nobili, an Letzterer hat demselben den gröſstmöglichen Umfang dadurch gegeben, daſs er die Erregung aller Elektricitätserscheinungen unter denselben brachte. In der Darstellung seiner Theorie im verschiedenen Stellen seines *Traité expérimental de l'Électricité et du Magnétisme* ist Becquerel nicht ganz mit sich in Uebereinstimmung. Die Wärme soll nämlich, wenn sie in ihrer Bewegung, in ihrer Fortpflanzung durch die Körper (also z. B. durch einen Metallbogen) Widerstand findet, sich in ihre beiden Factoren + E und — E zertrennen, das + E, das allen Erfahrungen zufolge ein gröſseres Vermögen als das — E hat, widerstehende Mittel zu durchdringen, soll den Widerstand überspringen (*franchir*) und auf diese Weise ein (positiver) elektrischer Strom von den wärmeren Stellen nach den kälteren eingeleitet werden. An andern Stellen wird aber die Wärme als die bloſse *Causa movens* der von ihr verschiedenen Elektricität und nicht als ihre Quelle betrachtet. Indem nämlich die Wärme durch Ausdehnung die Theilchen von einander trenne, müsse sie auf ähnliche Weise wirken, wie die Spaltung der Körper, in Folge welcher bekanntlich die getrennten Oberflächen mit entgegengesetzten Elektricitäten auftreten. Dann soll auch wieder ein erwärmtes Theilchen mehr + E anziehn und — E nach allen Seiten forttreiben (*chasser*); auf diese Weise gehe der Proceſs vorwärts, so daſs ein Theilchen nach dem andern erwärmt werde, woraus dann die Bewegung des elektrischen Fluidums, der elektrische Strom das Resultat sey. Es sind vorzüglich jene oben in Abschnitt H. Nr. 17 angeführten Versuche, aus welchen Becquerel diese Erklärung hergeleitet hat. In jenem Versuche, wo um das zugeschmolzene Ende einer Glasröhre ein Platindraht umgeschlungen war und bei Erhitzung desselben bis zum Rothglühen ein in dieser Röhre befindlicher und mit dem Ende in Berührung gebrachter Platindraht dem Condensator positive Elektricität mittheilte, soll offenbar das stärker erhitzte Ende des umschlingenden Drahtes die positive Elektricität genommen haben und das andere kalte die negative. In einem in o zur Spirale aufgewundenen Platindrahte soll die Richtung des (positiven) elektrischen Stromes nach a daher rühren, daſs der Theil fi wegen der Nähe der Masse der Spirale sich stärker erwärme als fi′, folglich der Strom der Wärme

Fig. 69.

h vorzugsweise in ersterer Richtung fortpflanze und die
ositive) Elektricität mit sich fortführe.

Indeſs stellen sich der Anwendung dieses von Becque-
l als allgemein aufgestellten Principes im Einzelnen viele
hwierigkeiten entgegen. Schon der Versuch mit den zwei
tindrähten, wovon der eine äuſsere als Spirale um das zu-
ichmolzene Ende einer Glasröhre gewickelt ist, sollte ein
tgegengesetztes Resultat, wie das von Becquerel erhaltene,
nem Principe gemäſs geben, da dieser stark erhitzte Draht,
lem er die positive Elektricität anzieht und die negative
ch allen Seiten zurücktreibt, letztere durch das rothglühende
as, das nun ein guter Leiter der Elektricität geworden ist,
den innern Platindraht und sofort an den Condensator ab-
ben sollte. In thermomagnetischen Ketten aus zwei hetero-
nen Metallen, wovon das eine ein besserer Leiter der Wär-
ist, sollte man erwarten, daſs bei Erwärmung einer der
thstellen der (positive) elektrische Strom seine Richtung
lesmal von dem schlechtern Leiter nach dem bessern neh-
n würde. Hiervon zeigt sich aber gerade das Gegentheil
den Ketten aus Eisen und Kupfer, Eisen und Silber, in
en Ketten aus Antimon und einem andern Metalle. Auch
e diejenigen Combinationen in Emmet's Versuchen, in wel-
en sich der (positive) elektrische Strom dem Strome der
ärme, wie sich dieser Physiker ausdrückt, entgegenlaufend
gt, d. h. vom kalten nach dem erwärmten Metalle geht,
e dieses namentlich bei sämmtlichen Combinationen des
ismuths mit allen andern Metallen der Fall ist, stehn mit
cquerel's Principe im Widerspruche. Ferner ist kaum ab-
sehn, wie das entgegengesetzte Verhalten der beiden Grup-
n von Metallen, bei deren einer, wenn nämlich der thermo-
gnetische Bogen aus denselben Metallen gebildet wird, der
ktrische Strom von dem heiſseren nach dem kälteren, bei
anderen dagegen von dem kälteren nach dem heiſseren
it, mit Becquerel's Theorie in Uebereinstimmung zu brin-
n ist.

Nobili[1], nachdem er die verschiedenen Arten, wie elek-
che Ströme erzeugt werden, durchgenommen hat, findet
gemeinschaftliche Princip für die Erregung der Elektricität

1 Schweigger's Journ. N. R. Th. XXIII. S. 264.

in allen Fällen in der Thätigkeit der Wärme. Durch eine genaue Analyse der Erscheinungen, welche in den verschiedenen Arten von wirksamen Ketten sich darbieten, und durch eine genaue Rücksicht auf die Wärmeerscheinungen, die hierbei vorkommen, glaubt Nobili sich zur Aufstellung des allgemeinen Princips berechtigt, dafs alle elektrische Ströme (der Theorie von einer Elektricität gemäfs) von den heifseren Theilen zu den kälteren gehen und dafs die Ströme eine um so gröfsere Intensität haben, je gröfser der Temperaturunterschied ist. In den gewöhnlichen hydroelektrischen Ketten aus zwei starren und einem flüssigen Leiter scheint ihm die Sache von selbst klar, da nach der chemischen Theorie, welcher er huldigt, der (positive) elektrische Strom stets von demjenigen starren Körper ausgeht, der allein oder am stärksten chemisch angegriffen wird, an welchem also auch die stärkste Wärmeentwickelung statt findet. Auch in diejenigen Ketten, in welchen nur ein Erreger der ersten Classe mit zwei flüssigen zusammentritt und in welchen zwischen diesen und dem starren Erreger selbst keine chemische Action statt findet, in welchem Falle dann die chemische Action zwischen den beiden Erregern der zweiten Classe den elektrischen Strom bestimmen soll, soll die Richtung desselben stets nur von der Richtung des Wärmestromes abhängen, die davon abhängt, welcher von beiden im Conflicte als der relativ heifsere auftritt. Diese Ansicht glaubt Nobili durch das allgemeine Erfahrungsgesetz bestätigt, dafs, wenn einer von jenen Erregern der zweiten Classe im starren Zustande angewandt wird, z. B. ein festes Alkali, fester Kalk, ein starres Oxyd, ein Salz u. s. w., jedesmal der elektrische Strom vom starren Körper zum flüssigen übergeht, die durch die chemische Wirkung erregte Hitze aber auch gerade an dem starren Körper sich mehr anhäufen könne, während sie sich in dem flüssigen mehr zerstreue, ersterer also als der relativ wärmere hierbei auftrete. Eine scheinbare Ausnahme von jenem Verhalten der starren Körper, welche das Verhalten der Schwefelsäure mit dem flüssigen und starren Wasser (Eis) zeigte, bestätige, nach Nobili, nur das allgemeine Gesetz, denn offenbar müsse das Eis, das alle frei werdende Wärme verschluckt, gegen die Schwefelsäure der relativ kältere bleiben und folglich mit dem Wärmestrome auch der elektrische Strom zu demselben über-

gehn, wie die Erfahrung zeige. Ein Versuch mit zwei Platinblechen, die mit dem Multiplicator in Verbindung waren und in ein Gefäfs hingen, in welches gleichzeitig an dem einen Bleche heifses, an dem andern kaltes Wasser eingegossen wurde, wobei ein elektrischer Strom sich entwickelte, dessen Richtung von dem heifsen nach dem kalten Wasser ging, lieferte einen neuen Beleg zur Bestätigung des Princips. Derselbe Erfolg wurde auch erhalten, wenn von den beiden Blechen das eine vorher erhitzt und beide gleichzeitig in das Wasser eingetaucht wurden. Nobili mufs jedoch einräumen, dafs in manchen Fällen das Criterium fehle, durch welches sich bestimmen lasse, welcher von den zwei Körpern, die in den hydroelektrischen Ketten der zweiten Art auf einander chemisch einwirken und dadurch Wärme erzeugen, der mehr erhitzte sey; doch müsse man nach seinem Principe annehmen, dafs bei der Einwirkung von flüssigen Säuren auf Lösungen von Alkalien die Theilchen der letzteren mehr erwärmt werden müssen, weil die Erfahrung lehre, dafs der elektrische Strom stets von den Alkalien nach den Säuren gehe (wovon jedoch meinen eigenen Erfahrungen zufolge die Salpetersäure eine merkwürdige Ausnahme macht, von welcher vielmehr der (positive) elektrische Strom nach der Kalilösung geht). Selbst die Elektricitätserregung durch Reibung sieht Nobili als eine blofse Wirkung ungleicher Erwärmung des Reibzeuges und des geriebenen Körpers, also als abhängig von der Bewegung des Wärmestoffes an. Aber er geht noch weiter. Was sich nur erst als allgemeine Bedingung der elektrischen Erscheinungen darstellte, was gleichsam nur als *Causa movens* in Anspruch genommen wurde, wird sogar als identisch mit der Elektricität, als *Causa efficiens* dieser Erscheinungen aufgefafst. Die elektrischen Ströme sollen weiter nichts seyn, als Entladungen des Wärmestoffs der einen oder andern Seite, und diese elektrischen Ströme sollen nur dann mit den Erscheinungen der Erhitzung des Glühens verbunden seyn, wenn der Wärmestoff in sehr grofsem Ueberflusse vorhanden ist, sonst aber lediglich sich auf die den elektrischen Strömen eigenthümlichen Wirkungen beschränken. Die Schwierigkeit, welche davon hergenommen werden könnte, dafs die gleichsam instantan in dem Verbindungsdrahte erfolgende Erhitzung und die dadurch manife-

stürte Schnelligkeit der Fortpflanzung der Elektricität (die vollends durch WHEATSTONE's Versuche auf das überzeugendste nachgewiesen ist), verglichen mit der aus der Erfahrung sich ergebenden Langsamkeit der Fortpflanzung der Wärme, nicht eben dahin führen, beiden eine und dieselbe Ursache unterzulegen, beseitigt NOBILI dadurch, dafs er die elektrischen Ströme mehr als Strahlungen oder, was ihm das Richtigste scheint, als Wellenbewegungen, Undulationen ansieht, welche, sobald eine Temperaturdifferenz eingetreten ist, nach der einen oder andern Seite erfolgen, und wenn ein Hindernifs statt finde, gleichsam als wahre Entladungen anzusehn seyn, wie namentlich in der gewöhnlichen hydroelektrischen Kette, wo die Flüssigkeit ein gröfseres Hindernifs entgegensetze, als in der thermoelektrischen Kette, woher denn auch die geringere Intensität der thermoelektrischen Ströme rühre. Wenn in der gewöhnlichen hydroelektrischen Kette diese Wärmewellen (= elektrische Ströme) durch die Flüssigkeit hindurch beim Kupfer anlangen, versetzen sie den Wärmestoff in demselben in eine ähnliche Wellenbewegung, die sich instantan durch den ganzen Kreis fortpflanzt und sich immer wieder erneuert, so lange an der Oberfläche des Zinks durch den chemischen Procefs Wärmeerzeugung und eine hinlängliche Anhäufung des Wärmestoffes statt findet, dafs die Wellen desselben den Widerstand der Flüssigkeit überwinden können.

Man sieht leicht das Willkürliche dieser Unterscheidung ein, denn man fragt mit Recht, wovon denn eine so wesentliche Verschiedenheit in der Form der Thätigkeit des Wärmestoffs, wie vorausgesetzt werden mufs, wenn derselbe als sogenannter elektrischer Strom auftritt und in der Form, in welcher er seine ihn gewöhnlich bezeichnenden Wirkungen hervorbringt, entsteht; denn dafs hier keine blofse graduative Verschiedenheit ausreicht, ergiebt sich schon daraus, dafs der Wärmestoff in allen seinen Abstufungen, von der gröfsten künstlichen Kälte ausgegangen bis zu seinem Maximum, wie er im Focus mächtiger Brennspiegel, in der Knallgasflamme und in dem Leitungsdrahte des mächtigsten Calorimotors wirksam ist, immer dieselben ihn wesentlich charakterisirenden Eigenschaften zeigt und keine der merkwürdigen Erscheinungen, welche den elektrischen Strom auszeichnen, namentlich die magnetischen Erregungen und die polaren che-

mischen Zersetzungen. Auch ist es ganz unerklärlich, wie eine so geringe Erhöhung der Temperatur von wenigen Centesimalgraden in der einen Löthstelle einer Antimon-Wismuthkette die gewöhnliche langsame Fortpflanzung zu einer Entladung steigern sollte, welche nur eine Folge einer grofsen Anhäufung und der Hindernisse in der Fortbewegung seyn soll. Aufserdem gelten auch hier alle gegen Becquerel's Theorie von denjenigen Erscheinungen hergenommene Einwürfe, welche eine Bewegung des elektrischen Stromes gegen die Richtung der Fortpflanzung der Wärme in mehreren thermomagnetischen Ketten anzeigen.

Das Mifslingen der Bemühungen dieser zwei ausgezeichneten Physiker, den Vorgang in der thermoelektrischen Kette und das Verhältnifs der Wärme zur Elektricität bei diesem Vorgange aufzuklären, mufs uns mit Recht behutsam machen, eine dritte ebenso unhaltbare Hypothese aufzustellen. Dafs in diesen Erscheinungen die innere Textur der Körper, insbesondere ihr krystallinisches Gefüge die wichtigste Rolle spiele, scheint uns aufser allem Zweifel zu liegen.

Gerade diejenigen Metalle, welche sich durch ihr krystallinisches Gefüge am meisten auszeichnen, wie Antimon, Wismuth, Arsenik, Tellur, Bleiglanz, auch Zink, sind unter sich combinirt die wirksamsten thermomagnetischen Körper. Hierzu kommt, dafs die thermomagnetischen Erscheinungen auf eine so merkwürdige Weise durch die Umstände, welche auf die Art ihrer Krystallisation Einflufs äufsern, modificirt werden. Das Phänomen des Thermomagnetismus scheint uns daher in eine Classe mit den Erscheinungen der *Krystallelektricität* zu gehören und der Unterschied, welchen der *Turmalin* und die übrigen thermoelektrischen *Krystalle* zeigen, darauf zu beruhn, dafs diese schlechte Leiter, ja Isolatoren der Elektricität sind, weswegen die Trennung der Elektricitäten zu langsam erfolgt, um eigentliche wirksame elektrische Ströme bilden zu können, und die getrennten Elektricitäten zur polaren Spannung sich anhäufen müssen. Was daher noch in Rücksicht auf den dritten Theil des Problems, welches die Theorie zu lösen hat, hinzuzufügen wäre, schliefst sich am besten an eine Betrachtung des elektrischen Verhaltens des Turmalins an.

Da wir aufser allen Zweifel gesetzt zu haben glauben, dafs den thermomagnetischen Erscheinungen ganz auf gleiche Weise elektrische Ströme zu Grunde liegen, wie den elektromagnetischen Erscheinungen, so findet Alles, was in den verschiedenen Artikeln dieses Wörterbuches, insbesondere im Artikel „*Elektromagnetismus*" über das Verhältnifs der Elektricität zum Magnetismus gesagt worden ist, hier auch seine Anwendung. Nur findet der wesentliche Unterschied statt, dafs in geraden Stangen von Wismuth, Antimon u. s. w., in welchen durch Erwärmung thermomagnetische Erscheinungen erregt worden sind, kein einfacher elektrischer Strom nach einer einzigen bestimmten Richtung angenommen werden kann, wie in Oersted's Leitungsdrahte, sondern dafs vielmehr in einer solchen Stange Ströme angenommen werden müssen, die sich in einer Art von Kreislauf bewegen, und in gewissen Fällen selbst mehrere, woraus allein die Verschiedenheit des Verhaltens einer solchen Stange, wie sie unter II. 6. oben auseinandergesetzt worden ist, von dem Verhalten eines Rheophors begreiflich wird.

IV. Anwendungen.

Die wichtigste und bis jetzt fast einzige nützliche Anwendung, welche von dieser interessanten Entdeckung gemacht worden ist, ist die zur genauen Messung der Temperatur, entweder in Fällen, wo unsere gewöhnlichen Thermometer nicht mehr empfindlich genug sind, oder an Orten, wo unsere Thermometer nicht so leicht oder gar nicht hingebracht werden können, oder endlich in Temperaturen, die zu hoch sind, um durch unsere gewöhnlichen Thermometer gemessen zu werden. Den Gedanken zu letzterer Anwendung verdanken wir Becquerel[1], der auch bereits Versuche in dieser Hinsicht angestellt hat. Aus den obigen Versuchen ergibt sich, dafs bei Metallen, namentlich bei Platin, deren Schmelzpunct sehr hoch liegt, die Intensitäten des elektrischen Stromes den Temperaturdifferenzen ohne merkliche Abweichung proportional sind. Hat man also sich nach der oben an-

1 Poggendorff Ann. IX. 368.

cquerel angegebenen Methode einen Multiplicator regulirt, ıerhalb dessen die Abweichungen der Magnetnadel genau in erthen von Intensitäten des elektrischen Stromes ausgedrückt ırden können, und hat man für irgend eine höhere Tempeur der einen Löthstelle, die aber noch durch das hundertıilige Thermometer angeblich ist, bei constanter Tempera- von 0° C. der beiden andern Löthstellen, wo die Drähte t dem Multiplicator verbunden sind, eine bestimmte Intenät des elektrischen Stromes ausgemittelt, so wird die durch ıe noch höhere Temperatur der Löthstelle hervorgebrachte ſsere Intensität des elektrischen Stromes, die sich durch die ıweichung der Magnetnadel genau kund giebt, diese höhere ımperatur unmittelbar in Graden des hunderttheiligen Therımeters angeben. Wäre z. B. durch die Temperatur der ein Löthstelle von 300° eine bestimmte Intensität des elekschen Stromes erzeugt worden und irgend eine andere Temratur dieser Löthstelle würde eine doppelt so groſse Intenät des elektrischen Stromes hervorbringen, so würde man raus schlieſsen, daſs jene Temperatur 600° Cent. betragen tte, eine dreimal so groſse Intensität würde 900° C. u. s. w. zeigen. Auf diese Weise hat namentlich Becquerel die gleiche Temperatur der verschiedenen Zonen einer Weinistflamme bestimmt. Er bediente sich dazu zweier verschieıer Platindrähte von einem Durchmesser von ¼ Millimeter. i einer Erhöhung der Temperatur ihrer Verbindungsstelle gte die Magnetnadel eine Ablenkung von 8°, welcher eine ensität von 12° entsprach. Wurde dieselbe Löthstelle in ı unteren blauen Theil der Flamme gebracht, da wo er mit n innern stark leuchtenden Theile zusammengrenzt, also in e die Flamme umgebende, schwach leuchtende dünne Hülle, erreichte die Ablenkung 22°,5, welche einer Intensität ı,54° und demnach einer Temperatur der Löthstelle von 0° entspricht; in dem stark leuchtenden Theile der Flamzeigte eine Ablenkung von 20° eine Intensität des Stro- von 44° und demnach eine Temperatur von 1080° C. und endlich verrieth die Ablenkung von 17° in dem indunkeln Theile der Flamme, welcher den Docht um-, eine Intensität von 32 und demnach eine Temperatur 780°, welche indeſs noch etwas niedriger angeschlagen den muſs, weil die Drähte, um in diesen dunkeln Theil

zu kommen, durch den leuchtenden Theil gesteckt werden müssen und durch diesen erhitzt werden. Dafs der äufsere schwach leuchtende Mantel der Flamme und der untere violette Theil die gröfste Hitze haben, ist auch aus andern Versuchen bekannt. Becquerel wiederholte diese Versuche mit Platindrähten von verschiedener Legirung und von geringerem Durchmesser und erhielt gleiche Resultate.

Auf demselben Principe beruht die Anwendung des sogenannten *magnetischen Pyrometers* von Pouillet, von welchem schon oben unter der Rubrik 6 der Thatsachen die Rede gewesen ist und durch dessen Hülfe Pouillet den Schmelzpunct mehrerer nur in höherer Temperatur schmelzbarer Metalle, des Silbers, Goldes, weifsen und grünen Gufseisens, des Stahls und Eisens, in Graden der gewöhnlichen Thermometer bestimmt hat.

Von einem noch viel ausgedehntern Gebrauche hat sich aber die Anwendung der thermoelektrischen Kette oder vielmehr der thermoelektrischen Säule zur Bestimmung niedriger Temperaturen bewiesen, nach der von Nobili vorgeschlagenen Einrichtung, von welcher, da sie ganz die Dienste eines sogenannten *Differentialthermometers* vertritt, unter dem Artikel *Thermometer* die Rede seyn wird.

Auch zur Bestimmung höherer Kältegrade wurde die thermoelektrische Kette von Pouillet[1] angewandt, nämlich zur Bestimmung der Kälte einer Verbindung aus fester Kohlensäure und Aether und des schmelzenden Quecksilbers, indem die Voraussetzung zum Grunde gelegt wurde, dafs die Intensität des thermoelektrischen Stromes einer Kette aus Wismuth und Kupfer, so wie sie der Temperaturdifferenz bis +77° C. genau proportional ist, auch bis — 80 oder — 100° unter 0 der Temperaturdifferenz proportional sich verhalten werde. Die eine Löthstelle wurde auf 0 erhalten und die andere in die kalte Mischung oder in das eben schmelzende flüssige Quecksilber, um welches herum noch ein Theil starr war, getaucht. Die Ablenkungen der Magnetnadel gaben die Temperaturdifferenzen.

Eine sehr sinnreiche Anwendung der thermoelektrischen Kette zur Bestimmung der Temperaturen in grofsen Tiefen

---

1 Poggendorff Ann. XLI. 147.

s Meeres oder von Seen verdient auch hier eine Erwäh-
.ng. Versenkt man eine Kette aus Kupfer und Eisendraht,
e mit ihren einen Enden zusammengelöthet sind und mit ih-
n andern Enden mit den Drähten eines Multiplicators in
erbindung stehn, welche Löthstellen die Temperatur der Luft
ben, in das Meer, so wird, so wie die untere Löthstelle
mälig in Schichten von abweichender Temperatur gelangt
d diese annimmt, die Magnetnadel durch den Grad und die
t ihrer Ablenkung diese Temperaturdifferenz anzeigen. In-
vischen möchten wir bezweifeln, dafs bei den geringen Dif-
renzen der Temperatur, die man auf diese Weise auszumit-
ln hat, und bei der grofsen Ausdehnung der thermoelektri-
hen Kette, wenn sie in grofse Tiefen versenkt wird, der
ermoelektrische Strom stark genug ist, um die Magnetnadel
afficiren. Nur durch eine sehr starke künstliche Erkältung
r obern Löthstelle würde man etwa den Strom verstärken
d die Temperaturdifferenz bestimmen können.

Die thermomagnetische Kette kann auch dazu dienen, auf
ne leichte Art die Reinheit oder Versetzung gewisser Metalle
ırch die Stelle, welche sie in der thermomagnetischen Reihe
nnehmen, auszumitteln. Seebeck[1] hat in dieser Hinsicht
esonders das Platin hervorgehoben. Ganz reines Platin liegt
der Reihe dem negativen oder östlichen Ende sehr nahe,
nimmt den 5ten Platz hinter dem Palladium ein, verhält
ch gegen Gold und Kupfer negativ, während mit andern
etallen, besonders mit Arsenik, verunreinigtes Platin sehr
el tiefer, dem positiven (westlichen) Ende näher steht und
ch gegen Gold und Kupfer vielmehr positiv verhält. Für den
echniker wird eine auf diese Art angestellte Prüfung seiner
eräthschaften aus Platin nicht ohne Nutzen seyn; doch macht
eebeck darauf aufmerksam, dafs diese Versuche nur bei nie-
rigern Temperaturunterschieden angestellt werden dürfen, da
ch in höheren Temperaturen das Verhalten abändert.

P.

1 Schweigger's Journ. N. R. Th. XVI. S. 1.

Druck von C. P. Melzer.







